www.radio.ru

3•2026

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

8 МАРТА — МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖЕНСКИЙ ДЕНЬ

"ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЛАМПА" В СТАРОМ РАДИОПРИЁМНИКЕ

- Маломощный ИБП
- Стабилизатор напряжения
- Синтезатор частоты 1 Гц...1 ГГц
- Часы с большими цифрами

ISSN-0033-765X
26003
9 770033 765009

3
2026

Команда радиостанции R4DS (слева направо): Матвей Потапенко, Матвей Вишняков, Айдар Сарсёнов.

Молодёжный кубок им. А. С. Попова — 2025 год

(см. статью на с. 49)

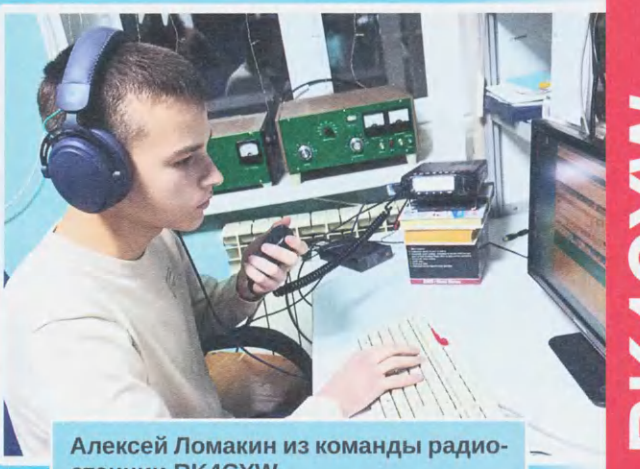
Савелий Алимов — победитель в индивидуальном зачёте.

Команда радиостанции R6BW (слева направо): Степан Мандрыка, Виктория Лузан, Владислав Замула.

Андрей Демченко из команды радиостанции RK4CYW.

Яна Шашлова из команды радиостанции RK4CYW.

RK4CYW



Алексей Ломакин из команды радиостанции RK4CYW.

Команда радиостанции RK4CYW. Сидят — Алексей Ломакин и Яна Шашлова, стоит — Андрей Демченко.

Алексей Ломакин и Яна Шашлова из команды радиостанции RK4CYW.

В НОМЕРЕ:

НАУКА И ТЕХНИКА 4

А. ГОЛЫШКО. CES'2026: запасаясь интеллектом 4

РАДИОПРИЁМ 9

Х. ЛОХНИ. Приёмники "Океан"/Selena. Новые диапазонные планки. Часть 3. Диапазонные планки КВ-диапазона с заводским вариантом коммутации 9

В. ШЕПТУХИН. Новости вещания 15

С. ГАЛАШ. "Твердотельная лампа" в старом радиоприёмнике 17

ЗВУКОТЕХНИКА 26

А. ВАСИЛЬЕВ. Опыт достижения пространственного восприятия музыки из полноразмерных головных телефонов. 26

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ 30

И. НЕЧАЕВ. Маломощный ИБП на модуле LX-LCBST 30

А. ШУМИЛОВ. Опыт восстановления никель-кадмиевой аккумуляторной батареи 32

А. ЯКОВЛЕВ. Стабилизатор напряжения для бортовой аппаратуры с выключателем на датчике Холла 34

ИЗМЕРЕНИЯ 36

В. ТУРЧАНИНОВ. Синтезатор частоты 1 Гц...1 ГГц на микроконтроллере PIC18F252-I/SP и модуле Si5351A (v.3.0). 36

"РАДИО" — О СВЯЗИ 49

Молодёжный кубок им. А. С. Попова — 2025 год 49

Мемориал "Память" — 2025 51

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 53

И. НЕЧАЕВ. Универсальные ЗУ для Li-Ion аккумуляторов на модулях TP4056 53

Д. МАМИЧЕВ. Часы на Arduino Uno и LCD1602 с большими цифрами. 58

Р. СЕРГЕЕНКО. Викторина "Платы расширения фирмы Arduino" 63

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 8, 48).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 3, 4, 17, 52, 3-я и 4-я с. обложки).

На нашей обложке. "Твердотельная лампа" в старом радиоприёмнике (см. статью на с. 17).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

БЕСКОНТАКТНЫЙ СИГНАЛИЗАТОР УРОВНЯ
ЛОКАТОР ДЛЯ СЛАБОВИДЯЩИХ
УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ АС
МИЛЛИОММЕТР

Тираж журнала «Радио» № 2 сдан для рассылки подписчикам 05.02.2026 г.

22 31
десятилетие науки и технологий
7–10 апреля 2026
СВЯЗЬ
38-я международная выставка «Информационные и коммуникационные технологии»
Экспозиция «Навитех» — «Навигационные системы, технологии и услуги»
Россия, Москва, ВК «Тимирязев Центр»
www.sviaz-expo.ru
12+
Реклама
Expo Rating
Организатор
ЭКСПОЦЕНТР
Под патронатом
ТПП РФ
В рамках
Российская неделя высоких технологий
РНВТ

Издаётся с 1924 года

РАДИО®

3•2026

МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»
Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ
Редакционная коллегия:
А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,
С. Л. МИШЕНКОВ

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН
Обложка: В. М. МУСИЯКА
Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА
Корректор: Т. А. ГЛИБИНА

Адрес редакции: 129090, Москва, Протопоповский пер., 25, к. Б
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
Приём статей — e-mail: **mail@radio.ru**
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-31-18; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-87-39
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225
Подписано к печати 24.02.2026 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2026. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 01150-26 .

Dr.WEB

Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер службы поддержки в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

RINeT

БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:
+7(495)981-4571
E-mail:
info@rinet.ru
Сайт:
www.rinet.ru

CES'2026: запасаясь интеллектом

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

*"— А разве психология роботов так отличается от человеческой?
— Огромная разница... Прежде всего, роботы глубоко порядочны".*

Айзек Азимов. "Я, робот"

Как и ожидалось, с учётом свежих мировых трендов, международная выставка потребительской электроники CES'2026 в Лас-Вегасе продемонстрировала, что искусственный интеллект (ИИ) окончательно перестал быть отдельной отраслью и стал универсальной инфраструктурой, которая проникла во все существующие отрасли всемирного хозяйства. За что ни возьмись, всё так или иначе связано с автоматизацией или расширением взаимодействия человек—машина. А ещё CES'2026 окончательно закрепила за собой статус главного автосалона планеты. Если раньше сюда приезжали за новыми телевизорами, то теперь за фантастикой на колёсах.

В целом на выставке различных футуристических концептов стало меньше, а вот действительно полезных продуктов, до которых вскоре можно будет буквально дотянуться руками, наоборот, стало больше. А кое-что из представленного вскоре сможет дотянуться и до вас, ибо робототехника, которой без ИИ не бывает, стала ещё одной доминирующей темой выставки. К примеру, Boston Dynamics, принадлежащая теперь Hyundai, впервые публично показала гуманоидного робота Atlas в контексте промышленного применения на заводах Hyundai к 2028 г., что делает гуманоидную робототехнику частью реальных производственных цепочек, а не только демонстрационным проектом. Параллельно LG Electronics представила домашнего сервисного робота, ориентированного на бытовые задачи, сигнализируя о попытке вывести роботов за пределы фабрик и складов в жилую среду.

Согласно данным исследовательской компании Omdia, китайские производители обеспечили подавляющее большинство поставок из примерно 13000 единиц человекоподобных роботов по всему миру в 2025 г., значительно обогнав американские компании, такие как Tesla и Figure AI.

В этом году выставка изменила свой вектор. Эпоха "просто электрокаров" закончилась. Началась эра "программно-определяемых машин" (SDV — Software Define Vehicles) и физического ИИ. Производители бытовой электроники больше не хотят быть просто поставщиками компонентов, они хотят быть автопроизводителями.

"Пылесосные" гиганты строят теперь гиперкары, Sony превращает кроссовер в игровую консоль, а Nvidia учит машины "мыслить", а не просто выполнять код. Речь идёт о моделях, которые обучаются в виртуальных средах с синтетическими данными, подчиняющимися законам физики, а затем переносятся в реальные изделия, например, автомобили. Базовая модель Cosmos способна симулировать сложные физические процессы, а специализированная модель Alpamayo ориентирована на автономное вождение. Параллельно была подтверждена стадия полномасштабного производства новой платформы суперчипов Vera Rubin и объявлено стратегическое партнёрство с Siemens, что подчёркивает ориентацию Nvidia на промышленный и инфраструктурный ИИ.

Дженсен Хуанг, глава Nvidia, сделал сенсационное заявление. Компания выпускает Alpamayo 1 — первую модель VLA (Vision-Language-Action). Раньше автопилот видел "красный пиксель" и тормозил (алгоритм). Alpamayo смотрит видеопоток, понимает контекст и принимает решение, как человек. Пример: машина видит не просто конус и мяч. Она понимает, что впереди ремонт дороги (надпись на знаке), а мяч выкатился со двора, значит, за ним может выбежать ребенок. Это уровень дедукции. Nvidia выложила модель в открытый доступ на Hugging Face, чтобы ускорить обучение индустрии. Анонсирована архитектура Rubin (следующая после Blackwell) и новые чипы Thor. Вычислительная мощность растёт экспоненциально до 2000 TFlops. В общем, ИИ теперь не маркетинговая фишка, а база безопасности. VLA-модели от Nvidia и GWM меняют парадигму автопилотирования.

Главным шоу-стоппером стала компания Dreame Technology, чьи роботы-пылесосы убирают наши квартиры. Ребята инвестировали в новый автомобильный бренд KOSMERA. И это не бюджетный городской "жук", а заявка на доминирование в мире гиперкаров. Вот, к примеру, электрический гиперкар KOSMERA с весьма агрессивным дизайном. Подковообразная решётка радиатора (хотя радиатор здесь служит для охлаждения батарей, а не ДВС) и огромные воздухозаборники создают образ хищника. Инженеры внедрили в передний бампер специальные каналы, которые перенаправляют встречный поток воздуха, буквально прижимая машину к дороге и охлаждая тормозную систему. Шасси напечатано на 3D-принтере из аэрокосмических композитов, что позволило добиться невероятной жёсткости на кручение при минимальной массе. Мощность полностью соответствует заявленной категории гиперкаров — 1903 л. с. Каждое колесо получает по 476 л. с.

Главная фишка — огромный силовой потенциал при отсутствии лишней нагрузки. Инженеры заявили о достижении золотого сечения инженерии — соотношения мощности к массе 1:1. Активная подвеска на линейных моторах позволяет мгновенно менять характер машины от мягкого гран-турера до зубодробительного болида.

Вторая модель KOSMERA — спортивный GT. Здесь дизайн более элегантен: решётка в форме веретена, хромированные "водопады" и сложная оптика. Огромные колёса с плотными спицами и активная аэродинамика сзади намекают, что комфорт здесь не в ущерб скорости. Автомобиль уже подготовлен к серийному производству.

Совместное предприятие Sony и Honda продолжает дразнить публику. На этот раз японцы привезли AFEELA Prototype 2026 в кузове кроссовера. Если первый седан AFEELA был пробой пера, то этот SUV выглядит как готовый к серии продукт. Двухцветный кузов, покатая крыша (фастбэк), лидар над лобовым стеклом и, конечно, медиа-панель между фарами (Media Bar), которая может общаться с пешеходами. Габариты подразумевают увеличенный полезный объём салона, длина — почти 4,9 м при колёсной базе более 3 м. Это большой просторный автомобиль. Внутри — царство Qualcomm Snapdragon и Unreal Engine 5. Машина позиционируется как гаджет. Вы можете играть в AAA-игры, пока автопилот четвёртого уровня везёт вас по хайвею. Старт продаж в США намечен на 2028 г., но седан можно увидеть на дорогах Калифорнии уже в этом году.

Lucid Motors, известная своими премиальными седанами Air, шагнула в массмаркет перевозок. Совместно с Uber и Nuro они представили Robotaxi на базе грядущего кроссовера Gravity. Машина нашпигована сенсорами, а на крыше установлен уникальный твердотельный лидар. Интерьер переработан для шестерых пассажиров. Внешние экраны сообщают пешеходам намерения автомобиля: "Пропускаю", "Начинаю движение". "Мозгом" служит чип NVIDIA DRIVE AGX Thor и ИИ-модель от Nuro.

Китайский гигант GWM в 2026 г. показывает новый бензиновый V8! То есть это надо трактовать так — мы можем делать премиум не хуже немцев. Двойной впрыск, электронный термостат, поперечный коленвал. Этот монстр предназначен для тяжёлых внедорожников и гибридных платформ Hi4-Z. Настоящий прорыв — новые АКБ. Ячейка ёмкостью 140 А•ч использует технологию полутвёрдого сепаратора. В чём суть? Если происходит короткое замыкание, сепаратор мгновенно перекрывает поток электронов. Результат — плотность энергии выше на 3 %, срок службы больше на 21 %, а безопасность на порядок выше обычного литиевого аккумулятора.

Немецкий гигант Bosch представил Radar Gen 7 Premium. Это радар миллиметрового диапазона, который благодаря ИИ может отличить шину от поддона на дороге с расстояния 200 м. Bosch также активно продвигает шасси by-wire (управление по проводам). Без механической связи руля с колёсами открываются новые возможности для дизайна интерьера и работы автопилота. Система управления движением автомобиля Bosch (VMM) координирует торможение, рулевое управление, силовой потенциал и подвеску. Это позволяет отдельным приводам лучше работать вместе, повышая общую эффективность. Система интеллектуального управления движением автомобиля значительно снижает крен автомобиля на поворотах и ускорения, возникающие при запуске и остановке на загруженных участках дороги, что эффективно снижает укачивание, что также является важным шагом к автономному вождению.

Без качественного зрения самый мощный процессор бесполезен. В связи с этим китайский лидер рынка лидаров Hesai бьёт рекорды. Цель — производить четыре миллиона лидаров в год к 2026 г., а новый завод в Таиланде (Galileo) поможет обойти геополитические барьеры. Из новинок — ETX, ультрадальнобойный лидар, который можно спрятать за лобовым стеклом (прощайте, "шишки" на крыше). А ещё FTX — это твердотельный лидар ближнего действия для слепых зон. Благодаря своим чипам ASIC четвёртого поколения, Hesai снижает цену настолько, что лидары скоро появятся даже в бюджетных авто. Nvidia уже сертифицировала их для своей платформы Hyperion.

Гейминг — одна из движущих сил развития ИТ. В сегменте процессоров и персональных вычислений ключевыми игроками остаются AMD и Intel. В свою очередь, AMD расширила линейку Ryzen AI для ПК с поддержкой локальных ИИ-задач и показала новый игровой процессор Ryzen 7 9850X3D, ориентированный на высокопроизводительный гейминг.

Intel представила мобильную платформу Panther Lake, известную как Core Ultra Series 3, и обозначила стратегию возвращения в сегменты ноутбуков с ИИ-ускорением и портативных игровых устройств. На фоне этого особое внимание аналитиков привлекло участие правительства США в капитале Intel, что лишь подчёркивает растущую роль полупроводников не только как элемента технологического суверенитета, но и как важного элемента будущего каждого государства.

Кстати, анонс процессоров Panther Lake на выставке стал поводом для острой перепалки между Intel и AMD, которые обвинили друг друга в использовании неоднозначных маркетинговых тактик и попытках ввести потребителей в заблуждение. Представитель AMD, старший вице-президент и генеральный менеджер подразделения клиентских продуктов Рахул Тику в беседе с Tom's Hardware раскритиковал представленные Intel сравнительные тесты Panther Lake. По его словам, компания сравнивала свой флагманский чип со среднеуровневыми и более старыми процессорами Ryzen, что он назвал нечестным подходом. Тику заявил, что топовые решения AMD, такие как Strix Halo или Ryzen AI Max, значительно превзойдут новинку Intel, особенно в графической производительности, а для игр потребители в любом случае будут выбирать специализированные чипы.

Intel также не осталась в долгу. Ниш Нилалоджан, старший директор по управлению продуктами для клиентских устройств, в интервью изданию PCWorld заявил, что AMD продаёт решения на базе устаревших кремниевых платформ, в то время как Intel предлагает современные процессоры, созданные специально для текущего рынка. С технической точки зрения аргументы Intel имеют основания: Panther Lake производится по техпроцессу Intel 18A с использованием транзисторов gate-all-around и задней подачи питания, тогда как конкурирующий чип Gorgon Point использует узел TSMC N4, являющийся оптимизированной версией процесса N5 FinFET. Чипы AMD серий Strix Halo, Strix Point и предстоящая линейка Gorgon Point AI 400 по-прежнему опираются на архитектуру графики RDNA 3.5 и более старые проектные решения, а Gorgon Point представляет собой, по сути, обновление Strix Point с улучшенным управлением питания, работающее на том же техпроцессе. Ситуация осложняется запутанной номенклатурой и частыми обновлениями, которые затрудняют понимание того, какие чипы действительно используют новое железо.

Несмотря на взаимные обвинения, по мнению экспертов, такая ожесточённая конкуренция между гигантами индустрии, несомненно, в конечном итоге может пойти на пользу потребителям, стимулируя развитие технологий, особенно в секторе игровых устройств.

Razer продемонстрировала несколько оригинальных проектов для "игрунов", в том числе игрового голографического компаньона с ИИ Project Ava, который располагается на рабочем столе владельца, видит и слышит пользователя в реальном времени. Это не концепт, устройство поступит в серийное производство уже в этом году, и американские покупатели уже могут зарезервировать его. Project Ava представляет собой цилиндр высотой около 14 см, внутри которого размещается голографический аватар — это может быть логотип Razer или один из дополнительных персонажей, выполненных в стиле аниме. Теоретически устройство способно помогать человеку в реальной жизни и на экране в играх.

Ещё один оригинальный продукт — концепт умных головных телефонов Project Motoko со встроенными камерами, направленными туда же, куда смотрит их владелец. Людям, как правило, удобнее носить головные телефоны, чем очки, да и о диоптриях беспокоиться не нужно, рассудили в Razer. Идея проекта в том, чтобы дать пользователю возможность общаться с постоянно присутствующим ИИ-компаньоном, причём выбор помощника предоставляется человеку — можно установить языковую модель или сервис на своё усмотрение. Razer намеревается выпустить и этот продукт, но пока нет ясности, как он будет выглядеть в окончательном варианте, и сроков выхода у умных головных телефонов пока нет.

Концепт игрового кресла Project Madison — попытка полностью погрузить владельца в игровую среду — комфорт, звук, тактильную обратную связь и RGB-подсветку. Здесь есть встроенная система охлаждения и подогрева, стереодинамики THX по обе стороны от головы и встроенная в подголовник реактивная подсветка Razer Chroma. О намерении компании выпустить Project Madison в качестве серийного продукта не сообщается ничего, но использованные в разработке идеи, возможно, пригодятся в последующих проектах. Зато из серийных вариантов компания представила игровое кресло Razer Iskur V2 NewGen — более комфортную и эргономичную версию оригинального варианта.

Наконец, компания представила беспроводной геймпад Razer Wolverine V3 Bluetooth — ориентированную на мобильные устройства версию Wolverine V3 Pro. Здесь тот же дизайн, комфортные и надёжные элементы управления, а также поддержка Bluetooth со сверхнизкой задержкой. Геймпад разрабатывался при содействии LG, поэтому есть нативная интеграция с LG Gaming Portal и встроенные элементы управления телевизором. В общем, путь к интеллектуальному дивану со всеми удобствами всё короче.

Всего через два года после полноценного запуска Wi-Fi 7 начало "поднимать голову" новое поколение беспроводных сетей, но пока в виде прототипов. Сразу несколько производителей продемонстрировали на выставке CES'2026 первые образцы оборудования на основе стандарта Wi-Fi 8, который официально будет опубликован лишь в 2028 г. В отличие от прошлых обновлений, целью которых было увеличение скорости, новый стандарт Wi-Fi 8 придерживается иных приоритетов: стабильности соединения, энергоэффективности и согласованной работы устройств. И без того высокие скорости Wi-Fi 7 остаются актуальными, но в дополнение к ним ставится задача улучшить взаимодействие устройств друг с другом, поддерживать показатели производительности на расстоянии, а также обеспечивать потоковые трансляции и игровые сессии с минимальными задержками и числом обрывов сигнала.

Производители чипов и маршрутизаторов уже готовят серийную продукцию даже на основе предварительной версии стандарта, в продажу такое оборудование может поступить уже в этом году. Нестандартным дизайном концепта роутера ROG NeoCore привлекла внимание компания Asus. Внешне устройство напоминает 20-гранную игральную кость с полым основанием и при этом лишено внешних антенн. Маршрутизатор, по словам производителя, поддерживает скорости уровня Wi-Fi 7, но предлагает более высокую пропускную способность и меньшую задержку. Он способен передавать большие объёмы данных одновременно с меньшим количеством узких мест.

Broadcom продемонстрировала целую линейку чипов для работы с Wi-Fi 8 — процессор BCM4918 и двухдиапазонные модули BCM6714 и BCM6719. Эти чипы смогут использоваться как в потребительских маршрутизаторах, так и в сетевых шлюзах операторов связи. В исполнении MediaTek серия чипов для Wi-Fi 8 получила название Filogic 8000. Эту платформу производитель адресовал премиаль-

Читатели, приславшие в редакцию любые пять из шести купонов за полугодие, смогут претендовать на один из призов.

ным и флагманским устройствам. Новым чипам найдётся место в корпоративных точках доступа, смартфонах и ноутбуках, телевизорах и устройствах умного дома.

Американская компания YPlasma представила революционную систему охлаждения для ноутбуков, в которой полностью отсутствуют движущиеся части. Вместо традиционных вентиляторов в ней используются так называемые плазменные актуаторы на основе диэлектрического барьерного разряда (DBD — Dielectric Barrier Discharge). Эта технология создаёт бесшумный ионный ветер для отвода тепла, что является ответом на растущие требования к производительности, особенно в эпоху ИИ, и физические ограничения классических методов охлаждения. Ключевым достижением компании стала миниатюризация этой технологии. Эра ИИ требует принципиально нового подхода к управлению теплом, и технология компании, разработанная инженерами в Мадриде и Ньюарке, готова ответить на этот вызов.

Актуаторы представляют собой тончайшие плёнки толщиной всего около 200 мк, что тоньше листа бумаги. Это позволяет интегрировать их непосредственно в теплоотводы или корпус устройства, открывая путь к созданию сверхтонких и мощных ноутбуков, которые ранее было невозможно эффективно охлаждать. Более того, система уникальна тем, что может как охлаждать, так и нагревать компоненты, обеспечивая беспрецедентный контроль над температурным режимом.

Важнейшими преимуществами новой системы являются абсолютная бесшумность и безопасность. Уровень шума — всего 17 дБ, что практически неразличимо для человеческого уха. В отличие от более ранних ионных систем коронного разряда, технология DBD не производит вредный озон и защищена от эрозии электродов, что гарантирует её безопасность и долговечность.

Потенциал технологии не ограничивается ноутбуками. YPlasma позиционирует её как универсальную платформу для различных отраслей. В авиации и автомобилестроении она может применяться для активного управления воздушными потоками, снижения сопротивления и повышения топливной эффективности. Также её можно использовать в разработке новых двигательных систем для беспилотников и космических аппаратов.

В дополнение исследователи Токийского университета разработали систему охлаждения, использующую фазовый переход воды в пар для отвода тепла. В её основе трёхмерные микрофлюидные каналы, которые обеспечивают управляемое образование и движение пара. Новое решение оказалось в десять раз эффективнее традиционного водяного охлаждения и способно работать в пассивном режиме, т. е. без насосов.

В сфере потребительских и образовательных технологий заметным событием стал анонс платформы Lego Smart Play от LEGO. Новые умные кубики с датчиками света и расстояния, звуковыми и визуальными реакциями создают гибрид физической игры и цифрового взаимодействия. Партнёрство с франшизой Star Wars добавляет элемент интерактивного повествования, превращая конструктор в платформу для сценарных игр и обучения через эксперимент.

Неожиданным, но показательно символичным примером расширения технологий в повседневность стали музыкальные леденцы от компании Lollipop Star. Используя костную проводимость, конфета позволяет воспринимать музыку во время еды, что демонстрирует, как границы между сенсорным опытом, развлечениями и технологиями продолжают размываться. Что происходит с леденцами после употребления, компания не сообщила.

Сочетать компактное с удобным способен инновационный ноутбук Lenovo Legion Pro Rollable 16, основной особенностью которого является регулируемый раздвижной дисплей. Концептуальный образец Legion Pro Rollable основан на модели Legion Pro 7i. Внутри он оснащён высокопроизводительными процессорами Intel Core™ Ultra и видеокартой NVIDIA GeForce RTX™ 5090 для ноутбуков. Помимо игрового ноутбука Legion Pro Rollable 16 с гибким сворачивающимся горизонтально дисплеем, компания Lenovo также показала концептуальный ноутбук ThinkPad Rollable XD Concept с гибким дисплеем, сворачивающимся вертикально. Если экран Legion Pro Rollable 16 имеет диагональ 16 дюймов и может увеличиваться до 24 дюймов, то дисплей ThinkPad Rollable XD Concept обладает изначальным размером 13,3 дюйма и может увеличиваться до 16 дюймов. Однако у новинки имеется ещё одна особенность — задняя крышка, частично выполненная из прозрачного защитного стекла Corning Gorilla Glass Victus 2, которое демонстрирует OLED-дисплей, когда он свёрнут внутрь. В свёрнутом состоянии дисплей также может отображать информацию. По данным Windows Latest, ThinkPad Rollable XD Concept поддерживает управление жестами и голосовое управление. Lenovo позиционирует ThinkPad Rollable XD Concept в качестве устройства для профессионалов, желающих попробовать новый подход к рабочим процессам.

Компания Gigabyte представила обновлённый интерфейс GiMATE с ИИ, а также новые тонкие игровые ноутбуки с новейшими процессорами и мощными видеокартами. Производитель характеризует GiMATE как ИИ-агента для управления оборудованием и ПО на компьютере. Gigabyte рассказала о технологии AI Power Gear III, помогающей в переключении между дискретным и гибридным режимами работы. Для экономии энергии система может отключить дискретную графику, обеспечить максимальную экономию энергии даже при подключённом внешнем питании (Eco) или выбрать сбалансированную работу (Optimus). В комплекте поставляются генератор изображений GiMATE Creator на основе модели Alibaba Qwen-Image и функция GiMATE Coder для разработки и отладки кода по текстовым запросам.

Вместе с обновлённым ИИ-агентом Gigabyte представила три новые модели ноутбуков. Флагманский Aorus Master 16 работает на процессоре AMD Ryzen 9 9955HX3D и комплектуется видеокартой до Nvidia GeForce RTX 5090. По сравнению с прошлогодней моделью толщина компьютера уменьшилась на 17 % и составила 19 мм. Сильной стороной модели является система охлаждения Windforce Infinity EX с испарительной камерой и асимметричным вентилятором Frost Fan.

Gigabyte объявила также о пополнении семейства игровых OLED-мониторов четырьмя новыми моделями, включая 34-дюймовый UWQHD MO34WQC36, 32-дюймовый MO32U24, а также 27-дюймовые MO27Q28GR и MO27Q2A ICE. Представленные мониторы поддерживают фирменную технологию HyperNits, которая позволяет увеличить уровень яркости до 30 % в режиме "Высокий", до 20 % — в режиме "Средний" и режим AI Picture Mode, обеспечивающий автоматическую настройку параметров изображения в зависимости от рабочей нагрузки в широком спектре сценариев.

Робот-пылесос компании Narwal Flow 2 Ultra получил так называемое "безграничное распознавание объектов". За это отвечает новая ИИ-модель NarGPT и пара RGB-камер. В отличие от традиционного подхода, где робот ориентируется на заранее заданный список препятствий, новая модель способна посто-

янно распознавать новые объекты и реагировать на них в реальном времени. Распознавание объектов в подобных устройствах не новинка, однако Narwal пошла дальше, позволив устройству менять поведение в зависимости от типа обнаруженного предмета. Flow 2 Ultra способен убирать на расстоянии до 1 см от кабелей и ножек мебели, чтобы максимально охватить площадь, но при этом сознательно держится подальше от потенциально опасных объектов, например экскрементов домашних животных, чтобы не размазывать грязь по дому.

Одной из самых необычных функций стала возможность поиска домашних питомцев. Используя камеры, робот может по команде просканировать квартиру, найти животное и показать его местоположение удалённо. Более того, Flow 2 Ultra автоматически определяет зоны повышенной активности питомцев для более тщательной уборки и предлагает "умный режим компаньона", реализующий видеосвязь с питомцем через робота и даже взаимодействие с ним с помощью специальных голосовых эффектов. Помимо этого, в устройстве предусмотрены режимы для семей с маленькими детьми. Робот способен автоматически переходить в сверхтихий режим рядом с детской кроваткой, распознавать игрушки и отправлять напоминания, если они остались разбросанными, а также избегать игровых ковриков, чтобы сохранять чистоту в зонах для ползания. Дополняет набор функций система Smart Valuables Guard, которая уведомляет пользователя, если робот обнаружит рядом ценные предметы.

Оснащённый системами машинного зрения и навигации робот Solar Mars Bot (он же самонаводящийся генератор) от компании Jackery двигается по двору или кемпингу своего владельца, определяет участок с наибольшим присутствием солнечного света и самостоятельно перемещается в его направлении. Задача системы — обеспечить гибкий источник электропитания как для дома, так и в походных условиях на свежем воздухе, действуя в автономном режиме. Solar Mars Bot располагает складной солнечной батареей, которая при зарядке разворачивается на несколько панелей и обеспечивает подачу до 600 Вт энергии. Сформировав запас, робот передаёт его на внешние потребители через различные выходные порты, выступая в качестве портативной электростанции, которая также может передвигаться туда, где она нужна владельцу больше всего. Машина отслеживает уровень зарядки собственной батареи и при необходимости возвращается на зарядную базу, актуальная информация транслируется владельцу на мобильное приложение. Функции дистанционного управления и мониторинга через 4G/5G помогают владельцу отслеживать показатели и местоположение Solar Mars Bot в реальном времени. Встроенный аккумулятор обладает достаточной ёмкостью, чтобы обеспечить длительную работу инструментов, электроники и наружных развлекательных систем. Благодаря прочной конструкции робот справляется со своей задачей на различных типах местности и в непростых погодных условиях.

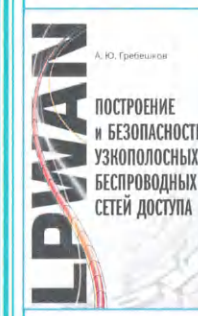
На CES'2026 компания IBM собрала полный зал слушателей, заворожив их перспективой неминуемого рассвета квантовых вычислений. По мнению компании, которое озвучил ведущий алгоритмист IBM Quantum Борха Перопадре, текущий год станет годом уверенного проявления в вычислениях квантового преимущества. А в 2029 г. компания представит первый отказоустойчивый, имеющий практическую ценность универсальный квантовый компьютер.

Центральным элементом проявления квантового преимущества IBM считает сочетание двух критериев: квантового отделения или разделения от классических вычислений и возможности проверить результат квантовых вычислений. Квантовое разделение подразумевает наличие чётко измеряемого превосходства квантового алгоритма над лучшими классическими подходами по скорости, точности, глубине моделирования или энергоэффективности. Проверка же позволяет убедиться, что полученное решение верно, что особенно важно для задач, где классические методы не дают точного результата. При этом квантовое превосходство не произойдёт окончательно и бесповоротно. Всегда будет место и время для совершенствования классических алгоритмов. В этом останется преимущество конкуренции, которое будет подстёгивать развитие классического и квантового метода расчётов. В ряде экспериментов квантовые системы IBM уже начали демонстрировать превосходство над классическими алгоритмами в задачах, связанных с моделированием энергетических состояний молекулярных систем, однако компания подчёркивает, что это соревнование будет продолжаться. Развитие квантовых методов стимулирует появление улучшенных классических моделей, что временно нивелирует преимущества и задаёт новые ориентиры. Очевидно, что приведённое выше лучше комментировать специалисту по квантовым вычислениям. А остальным можно вполне удовлетвориться обещанием IBM сделать к 2029 г. нечто, имеющее, наконец, практическую ценность. Остаётся дождаться CES'2029.

По материалам

**https://clck.ru/3RFHsT,
https://clck.ru/3RFHoy,
https://clck.ru/3RFHqq,
https://clck.ru/3RFHmf,
https://clck.ru/3RFHj6,
https://clck.ru/3RFHiL**

Вышла в свет новая книга



Гребешков А. Ю. Построение и безопасность узкополосных беспроводных сетей доступа. — М.: Горячая линия — Телеком, 2025. — 288 с.: ил. ISBN 978-5-9912-1141-3.

Узкополосные беспроводные сети доступа относятся к новому классу энергоэффективных (маломощных) сетей дальнего радиуса действия LPWAN (Low Power Wide Area Network), предназначенных для безопасной передачи телеметрической информации Интернета вещей и межмашинного взаимодействия в фиксированных и подвижных сетях радиосвязи. Рассмотрены принципы построения, организация связи, методы специальных расчётов параметров радиосредств для беспроводных сетей доступа, информационная защита передачи данных. Анализируются действующие стандарты узкополосных беспроводных сетей доступа, особенности модуляции и распространения радиосигналов, приведены форматы и модели обмена данными и подключения устройств к сетям доступа, рассмотрены методы и протоколы защиты информации в узкополосных сетях. Приведена научно-практическая информация о применении узкополосных сетей, конструктивных особенностях средств связи LPWAN.

Для специалистов, научных работников и аспирантов, работающих в области телекоммуникаций и защиты информации и изучающих модели и методы построения современных беспроводных сетей связи. Будет полезна студентам вузов старших курсов, обучающимся по соответствующим специальностям.

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Приёмники "Океан"/Selena. Новые диапазонные планки

Часть 3

Диапазонные планки КВ-диапазона с заводским вариантом коммутации

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

В третьем разделе статьи предлагается описание универсальной диапазонной планки (ДП) КВ-диапазона для существенного улучшения радиоприёма на частотах выше 13 МГц при сохранении заводского варианта коммутации с радиотрактом. Рекомендации можно использовать в приёмнике с ранее доработанными ДП. На частотах приёма ниже 13 МГц эта ДП даст улучшение в дальней селективности и подавлении зеркального канала приёма на 3...10 дБ.

16. Улучшение доработанных КВ ДП-16 и ДП-19

Ранее при доработке заводских ДП на диапазоны 16 метров (ДП-16) и 19 метров (ДП-19) исходили из прямого подключения ТА к отводу обмотки у входной КПИ с малой индуктивностью (1,1 мкГн) и большой контурной ёмкости [1]. Позже тщательный анализ узла ТА показал, что собственный резонанс ТА существенно мешает образованию крутых скатов АЧХ для подавления зеркального канала приёма и общего подавления внеполосовых помех. К сожалению, печатные платы заводских ДП не позволят полноценным образом устранить этот недостаток. Самым простым решением этой проблемы является установка последовательного конденсатора ёмкостью 39 пФ в линию от клеммы 16 (антенна) к отводу входной КПИ. Этим решением собственный резонанс узла ТА существенно сдвинется вверх до 25...30 МГц, и основной резонанс входного контура станет самостоятельным и будет доминирующим. На **рис. 42** показан результат такой доработки для диапазона ДП-16 (масштабы — 2 МГц/дел. и 10 дБ/дел.).

Образовались более крутые скаты на центральной частоте приёма и выраженное подавление зеркального канала приёма на 16 дБ, что позволит вместе со вторым LC-контуром после УВЧ получить подавление около 30 дБ. Чувствительность по полю ТА на частоте 28 МГц существенно ослаблена. При этом уменьшается внесённая во входной LC-контур ёмкость от ТА, поэтому в этот LC-контур нужно добавить значительную ёмкость (около 8...10 пФ) для восстановления ранее налаженной настройки. Однако при выезде на природу сразу заметно, что приёмник даже с самым лучшим радиотрактом еле слышит эфирный шум. Подключение длинной проволочной антенны даст более живой приём, но станут слышны внедиапазонные интермодуляционные сигналы в добавление к зеркальному каналу приёма.

Дальнейшее улучшение достигается приближением собствен-

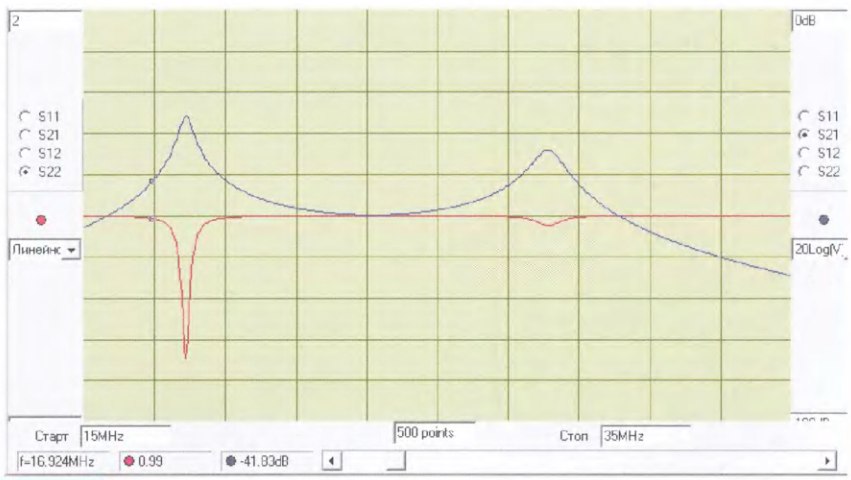


Рис. 42

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

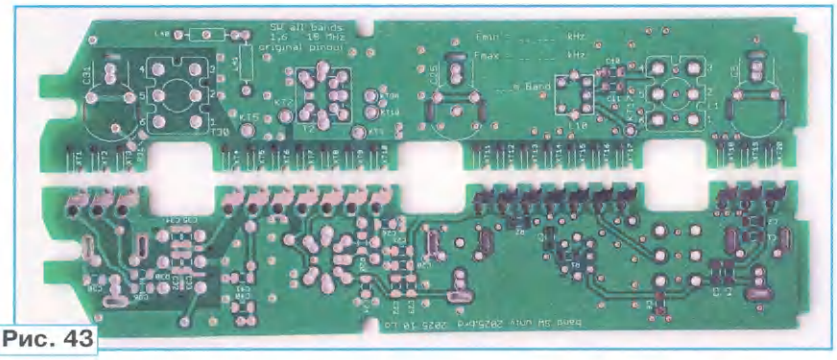


Рис. 43

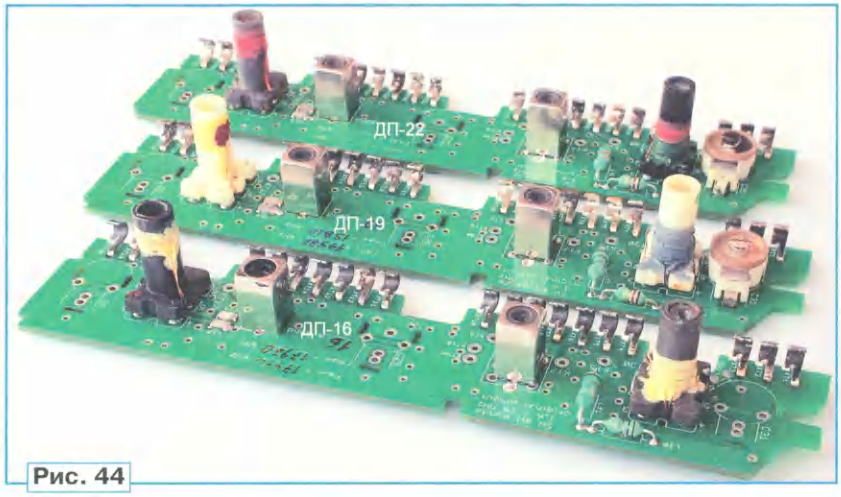


Рис. 44

17. Универсальная ДП КВ-диапазона для варианта заводской коммутации

Заводской вариант коммутации ДП с радиотрактом соответствует удовлетворительной развязке "горячих" проводов входного узла при приёме от встроенных антенн. Новая универсальная ДП КВ разработана для старой коммутации, и поэтому была выбрана стандартная защитная маска зелёного цвета (**рис. 43**).

На **рис. 44** показаны ДП-КВ для диапазонов 16 метров, 19 метров и 22 метра, для которых изначально была задумана эта ДП. Под элементами УВЧ и смесителя оставлена сплошная металлизация, под элементами гетеродина этого слоя меди нет для улучшения частотной стабильности. КПИ для LC-контура между УВЧ и смесителем имеет экран для сохранения высокой дальней селективности. Для всех трёх LC-контуров предусмотрена установка построечного конденсатора, если диапазон приёма расширенный и требуется идеальное сопряжение. КПИ в гетеродине и на входе намотаны на каркасах КВ-КПИ из заводских ДП, их нужно будет модифицировать. В ФНЧ гетеродина с достаточным качеством работают ак-

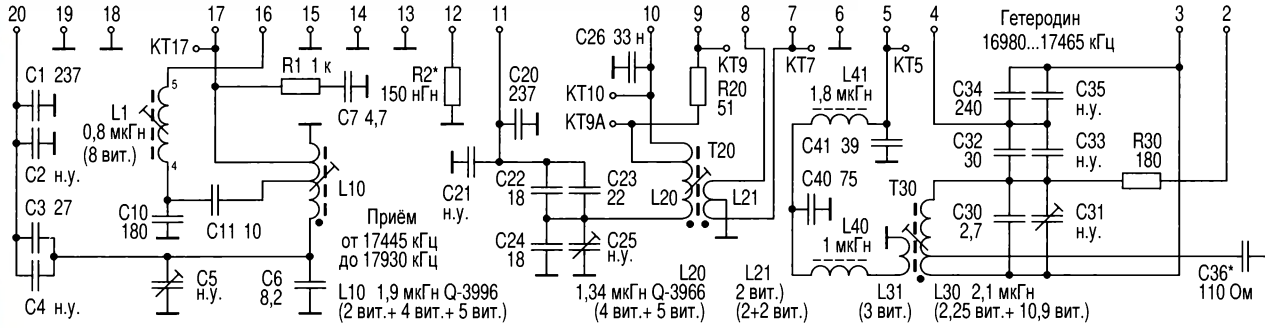


Рис. 45

ного резонанса ТА к резонансу на частоте приёма вместо того, чтобы отодвинуть этот резонанс ТА далеко вверх. Для этого потребовалась разработка новой универсальной ДП-КВ.

сиальные ВЧ-дроссели серии EC-24 или EC-36 (CECL). Их оси должны быть расположены пер-

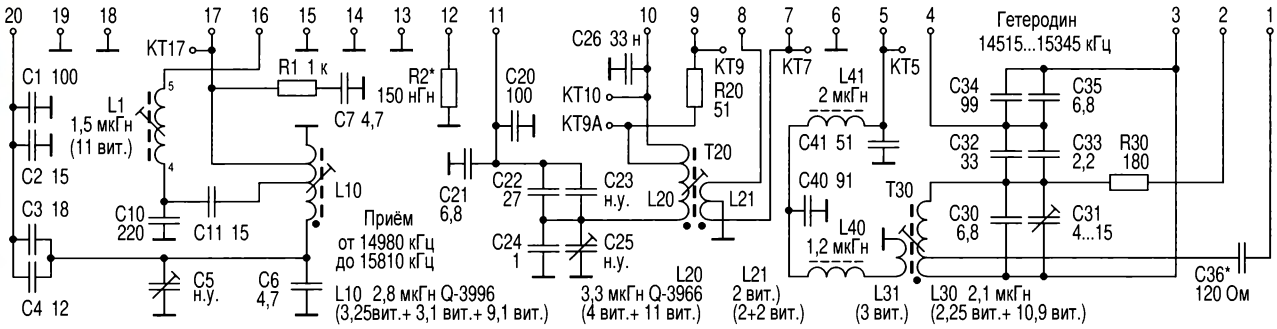


Рис. 46

пендикулярно оси гетеродинной КПИ.

18. ДП диапазонов 16 метров, 19 метров и 22 метра

На **рис. 45—рис. 47** показаны схемы универсальной КВ-ДП для приёма диапазонов 16 метров, 19 метров и 22 метра соответственно, отличие в номиналах элементов. Для КПИ первичным параметром является указанная индуктивность, число витков немного зависит от конкретных применённых материалов и типов каркасов КПИ. Ёмкости конденсаторов указаны с учётом ёмкости проводников печатной платы и по факту изготовления конкретных ДП. Расчётная ошибка сопряжения контуров на порядок меньше, чем полоса пропускания контуров в УВЧ. Если в гетеродине установлен хороший ВЧ/СВЧ-транзистор (серий КТ368, КТ3108), на месте конденсатора С36 на высокочастотных КВ-диапазонах лучше установить резистор.

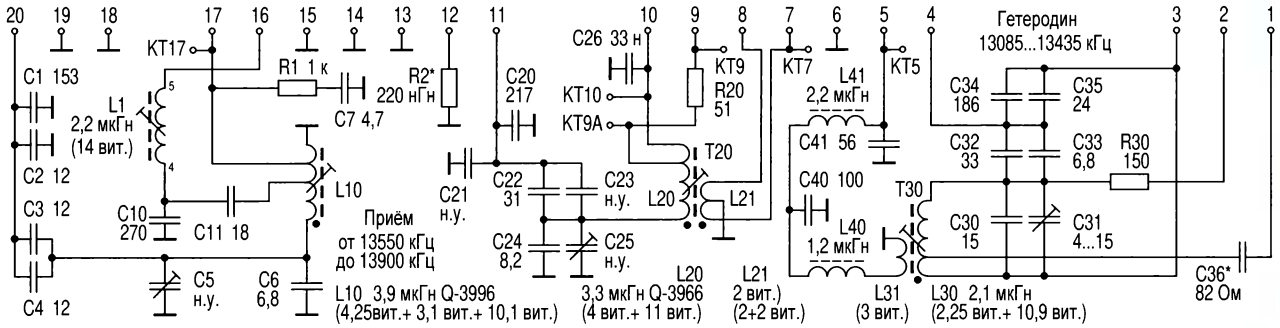


Рис. 47

Конденсатор С10 имеет ёмкость в несколько раз больше СА и образует выход этого колебательного контура для связи со вторым антенным контуром L10СК. КПИ L10 экранирована, чтобы внешние поля на неё не влияли. Отвод от катушки L10 к конденсатору С11 выбран примерно тем же импедансом, который предоставлен со стороны конденсатора С10. Это упростит налаживание связи контуров подборкой конденсатора С11 с одинаковым влиянием на контуры. Выход к УПЧ сделан от нижнего отвода катушки L10 с малым импедансом, оптимальным для КШ в УВЧ. Эта малая индуктивность к общему проводу с высокой добротностью на УКВ часто вызывает самовозбуждение на УКВ в УВЧ. С помощью RC-цепи R1C7 уменьшается добротность индуктивности на УКВ, а уровень полезного КВ-сигнала не уменьшается. Такая RC-цепь работает только рядом с индуктивностью, и её установка на главной плате у транзистора бесполезна.

Особенность входного двухконтурного полосового фильтра состоит в том, что только второй LC-контур перестраивается переменным конденсатором СК по диапазону приёма. Это обеспечивает достаточное качество, если перестройка по частоте небольшая. Для радиовещательных диапазонов 25 метров и ниже такое техническое решение даст слишком "кривую" АЧХ.

На **рис. 50—рис. 52** показан результат расчёта АЧХ двухконтурного LC-фильтра при перестройке только одного контура в диапазоне 15...15,8 МГц (синий график — АЧХ, масштаб по Y — линейный, масштаб по X — 500 кГц/дел.), и в реальности это подтвердилось. Маркер установлен на зеркальной частоте приёма.

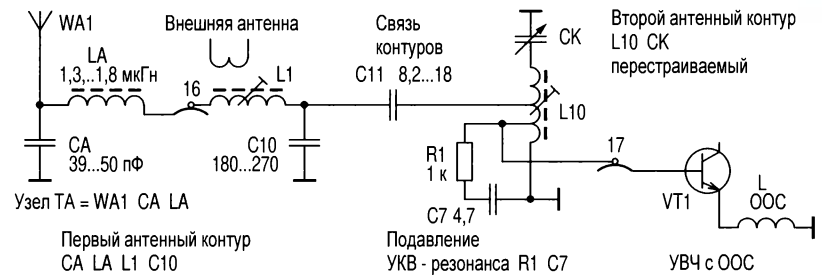
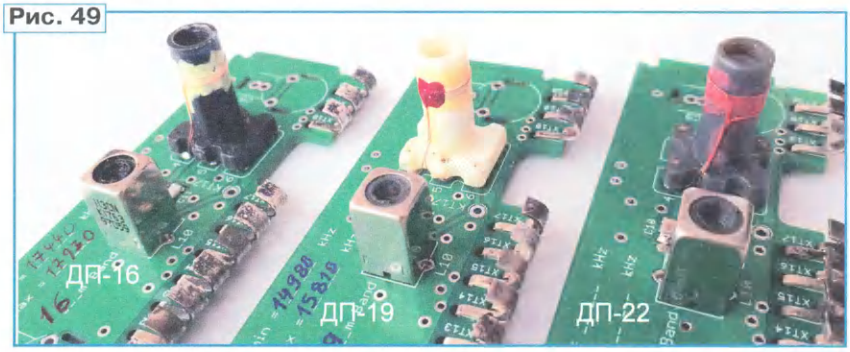


Рис. 48

19. Входной узел для частот более 13 МГц

На **рис. 48** показана схема, иллюстрирующая принцип работы входного узла от ТА до транзистора УВЧ при приёме на частотах более 13 МГц. Как было отмечено ранее, узел ТА упрощённо представляет собой LC-контур на элементах СА и LA с резонансом на частоте 18...20 МГц. На новой ДП с помощью L1 "удлиняется" антенная индуктивность, и настраивается резонанс для нужного радиовещательного диапазона (16 метров, 19 метров и 22 метра). Катушка связи для внешней антенны в антенном коммутаторе (АК) размещена над L1. Но так как L1 является только частью индуктивности антенного контура, обмотка L1 нанесена на каркас в верхней части КПИ (**рис. 49**), чтобы быть ближе к катушке связи в антенном коммутаторе.

Рис. 49



Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Коэффициент передачи сигнала от ТА к УВЧ падает к краям АЧХ на 3 дБ для диапазона 19 метров, на более узкополосных диапазонах 16 метров и 22 метров перепад существенно меньше. На практике это оказалось некритично, поскольку малошумящий УВЧ прекрасно "добирается" до эфирных шумов при выезде на природу, где нет местных помех.

Как показал опыт, для безупречной работы одного перестраиваемого контура до УВЧ и второго после УВЧ, очень важно обеспечить заземление с малой индуктивностью для трёхсекционного КПЕ, чтобы не

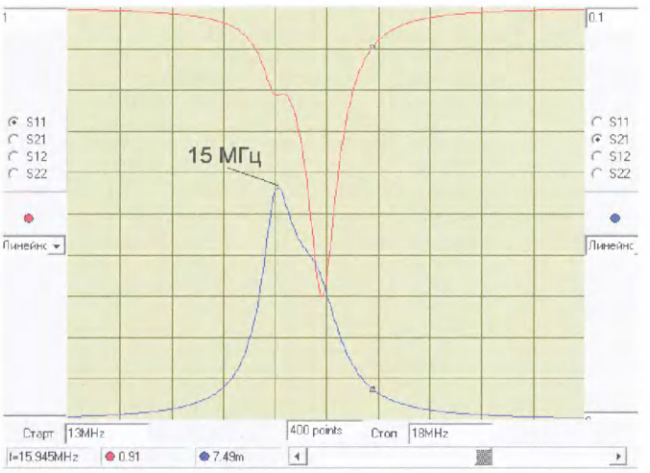


Рис. 50

потому, что такой приёмник всё равно не предназначен для работы от больших внешних антенн. Если усиление слишком большое, отвод к коллектору лучше сделать от второго или третьего витка. Селективность LC-контура будет очень высокая, что компенсирует ограниченную линейность ИМС К174ХА2. У многих импортных КПИ в основании каркаса имеется шестое отверстие для неустановленного шестого вывода. В это отверстие легко устанавливать такой вывод

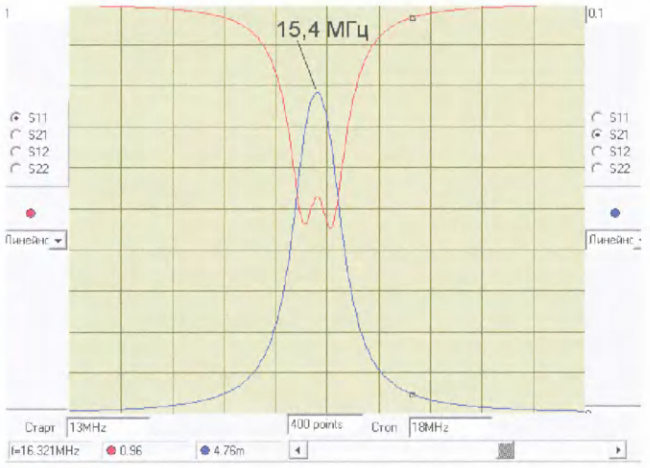


Рис. 51

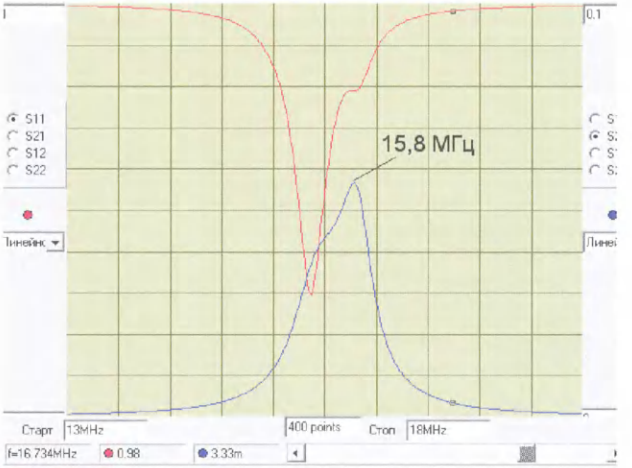


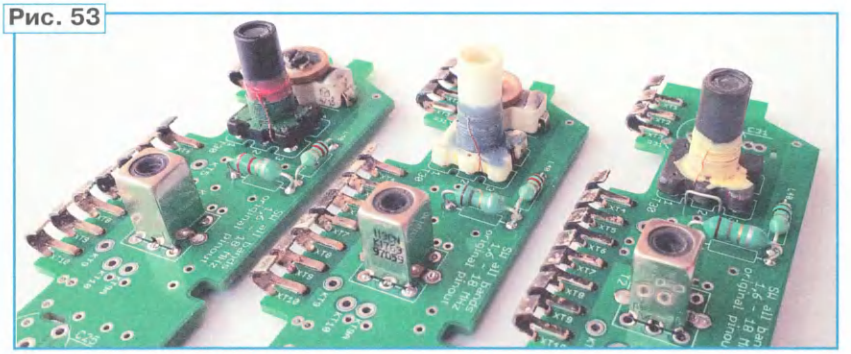
Рис. 52

получить в этой части паразитную ПОС и вредную связь входа и выхода УВЧ. Это ранее было обсуждено в рамках доработки разводки КПЕ. В идеале для этого надо применить медную ленту. Плохое заземление КПЕ к колебательным контурам выражается резким сужением полосы при увеличении ёмкости в КПЕ, когда через него протекает значительный ток сигнала, в худшем случае наступает генерация. С другой стороны, небольшая ПОС не вредит, так как дополнительно подавляет зеркальный приём.

20. Узел стыковки УВЧ и смесителя

Для УВЧ оказалось оптимальным иметь в коллекторе нагрузку в интервале 0,6...1,2 кОм для обеспечения малого общего шума и во избежание перегрузки коллектора по напряжению. С учётом импеданса смесителя (150...300 Ом) соотношение витков КПИ должно быть (2,8...1,4):1 для части обмотки коллектора к обмотке связи к смесителю. Для диапазонов выше 13 МГц к смесителю с собственным трансформатором достаточно два витка, и поэтому к коллектору делают отвод от третьего, четвёртого или пятого витка, считая от холодного конца. Это заодно обеспечивает высокую рабочую (нагруженную) добротность этого перестраиваемого LC-контура.

Рис. 53



Для стыковки УВЧ с ИМС К174ХА2 выходную обмотку лучше сделать 2+2 витка симметрично с заземлением среднего отвода для получения максимального ДД. Это целесообразно

(от донорской КПИ), разогрев его с дальнего торца до температуры 370...400 °С.

21. Гетеродин с ФНЧ

Для диапазонов 16 метров, 19 метров и 22 метра для гетеродина была использована заводская гетеродинная КПИ из ДП диапазона 25 метров со штатной индуктивностью 1,9...2,4 мкГн. После удаления выходной обмотки связи и фиксирующих

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

материалов были подтянуты все провода и витки контурной обмотки. Вся обмотка аккуратно сдвинута к основанию каркаса и потом зафиксирована лаком. Новая обмотка связи к смесителю содержит три витка и расположена на расстоянии 1 мм от края контурной обмотки. Выводы умеренно скручивают и обмотку фиксируют лаком (**рис. 53**).

В новых вариантах радиотракта нагрузкой генератора служит смеситель с входным сопротивлением 150 Ом и ФНЧ рассчитан на это сопротивление, хотя возможны и другие варианты. Со стороны гетеродина ФНЧ начинается с последовательной индуктивности L40, поэтому вся энергия коротких импульсов самовозбуждения (гармоники) остаётся в петле ПОС транзистора. Поэтому, в отличие от заводской схемы гетеродина, на высоких КВ-диапазонах лучше сработает резистор в цепи эмиттера вместо конденсатора С36. Для частот менее 9 МГц однозначно лучше сработает конденсатор. В **табл. 1** указаны номиналы для компонентов ФНЧ для разных частот гетеродина.

По опыту, для ФНЧ лучше приобрести ВЧ-дроссели ЕС-24 (ЕС-36) с допуском 10 %, и тогда среди небольшой партии можно найти различные промежуточные номиналы. Для КВ-гетеродина точность в ФНЧ не столь критична, как для ДВ и СВ, и вполне с качественным результатом можно установить дроссель с ближайшим стандартным номиналом с немного меньшим требуемым значением. В табл. 1 указано подавление второй гармоники гетеродина при минимальной частоте, как худший случай. При налаживании режима генерации надо обратить внимание на низкий уровень второй гармоники. С ростом частоты генерации подавление станет существенно больше и стремительно достигает 20 дБ. Более высокие гармоники подавлены более чем на 30 дБ.

22. Налаживание

Налаживание этих ДП рекомендуется сначала проводить без установленного АК. Смонтированную в шасси ТА через антенный диплексер в составе УКВ-блока подключают к контакту 16 БПД. Завершить налаживание резонанса контура ТА надо с помощью КПИ L1 и С10 на радиовещательный диапазон, так как L1 зависит от исполнения антенного диплексера на входе УКВ-блока, применённого провода и его монтажа. Устанавливают конденсаторы С10, С11 и на месте L1 монтируют вспомогательную КПИ. От С11 к клемме 16 устанавливают временную перемычку для упрощённой подачи сигнала на вход УВЧ. Устанавливают элементы R20, С26 и перемычку между КТ10 и КТ9А, чем УВЧ задействован как измерительный усилитель. С КТ9 снимают сигнал для измерения АЧХ антенного контура. Входной сигнал подают через Е-поле на выдвинутую ТА с минимальным влиянием на неё. С помощью вспомогательной КПИ добиваются уверенной настройки резонанса на нужный диапазон. Измеряют индуктивность вспомогательной КПИ и уже на заводском каркасе наматывают катушку L1 с той же индуктивностью, но при подстроечнике, размещённом в каркасе высоко (см. рис. 53). В отличие от обычных заводских КПИ, при погружении подстроечника индуктивность уменьшается, и связь с катушкой связи для внешней антенны становится слабее. Для намотки применяют провод диаметром 0,1...0,15 мм.

Монтируют все элементы входного контура. Указанная КПИ Q-3996 для L10 имеет довольно большой ферритовый подстроечник (длина — 5 мм), многие другие импортные КПИ требуют на 10...15 % больше витков, и их добавляют в горячей части обмотки выше отводов. Налаживают перекрытие по частоте по аналогии с рис. 50—рис. 52. В центре радиовещательного диапазона АЧХ должна быть симметричной, и на краях диапазона спад коэффициента передачи должен быть одинаковым.

Устанавливают элементы LC-контура между УВЧ и смесителем, убирают перемычку между КТ10 к КТ9А и снимают сигнал с КТ7. Этим контуром устанавливают максимальный коэффициент передачи по центру диапазона, и при правильной компоновке контур перестраивается от края к краю диапазона. При проведении измерений между клеммами 7 и 8 надо обеспечить нагрузку 200...240 Ом.

Устанавливают элементы гетеродина с заранее подготовленной КПИ (индуктивность — 2,1 мкГн и три витка на выходе — L31). Устанавливают режим с

Таблица 1

Частота гет., кГц		Диапазон	L40	C40	L41	C41	Подавление 2 й гармоники,		Примечание
мин.	макс.		мкГн	пФ	мкГн	пФ	дБ при Fмин, кГц		
615	746	ДВ	33	2200	47	1800	16	1 230	ДВ
944	1 665	СВ-Н	15	680	22	510	2	1 888	Важен режим гет.
994	1 521	СВ-Н	330 Ом	680	22	820	4	1 988	Важен режим гет.
1 622	2 175	СВ-В	510 Ом	270	22	470	7	3 244	СВ, 9 витков L31
1 622	2 175	СВ-В	15	510	22	330	11	3 244	СВ, 7 витков L31
1 435	2 178	СВ-В	15	510	22	330	4	2 870	Важен режим гет.
2 100	2 700	КВ-Н	8,2	510	12	300	7	4 200	
2 500	3 600	120-75	6,8	470	9,1	360	10	5 000	Гет. ниже Fприём
3 400	4 000	100	5,6	430	8,2	330	18	6 800	
4 200	5 600	75-65	3,3	240	5,6	150	5	8 400	Важен режим гет.
5 300	5 800	49	3,3	240	5,6	150	14	10 600	
5 300	6 700	65-49	3,3	220	4,7	150	11	10 600	
6 200	8 100	49-41	2,2	180	3,9	100	7	12 400	Важен режим гет.
7 500	8 100	41	2,2	180	3,9	100	15	15 000	
8 800	9 700	31	2,7	140	3,9	82	18	17 600	Гет. ниже Fприём
11 000	11 800	25	1,5	110	2,7	51	12	22 000	Гет. ниже Fприём
13 085	13 435	22	1,2	100	2,2	56	13	26 170	Гет. ниже Fприём
14 515	15 345	19	1,2	91	2	51	15	29 030	Гет. ниже Fприём
16 980	17 465	16	1	75	1,8	39	14	33 960	Гет. ниже Fприём

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

малым уровнем гармоник подборкой элементов R30 и C36 (опционально — резистор). Если нет анализатора спектра, можно на клемме 1 проверить сигнал на отсутствие наносекундных искажений формы сигнала при переходе синуса через ноль. На клемме 5 должен присутствовать сигнал размахом 1100...1400 мВ на нагрузке 150 Ом (подключённый смеситель). После установления чистого режима генерации с гармониками с уровнем ниже –30 дБ измерением мини-рамкой над T30 налаживают перестройку по частоте. Чрезмерная генерация гармоник внесёт в контур паразитную динамическую ёмкость около 6 пФ, и это заметно нарушало бы сопряжение контуров.

Проверяют приём по всему диапазону и наличие резонанса ТА в нужном радиовещательном диапазоне, потом проверяют ту же правильную настройку при подаче сигнала через катушку связи, когда вспомогательный контур заменит ТА. Этот контур в антенном коммутаторе настраивают при работе с самой высокочастотной ДП в составе приёмника. При работе приёмника на природе без местных помех прикосновение рукой к ТА существенно снижает фоновый шум и уровень сигнала, так как расстраивается налаженный резонанс ТА и предельная отличная чувствительность ухудшается более чем на 10 дБ.

На **рис. 54** показан результат симуляции работы входного узла на диапазоне 16 метров (масштаб — 10 дБ/дел.), маркер установлен на частоте зеркального канала приёма. При сравнении с улучшенной заводской ДП (см. рис. 42) видно, что подавление зеркального приёма явно не хуже, даже на 3 дБ лучше, и целиком улучшена селективность. УВЧ уже сложно перегрузить внедиапазонными помехами, мощные УКВ-сигналы не вызывают интермодуляцию. Но самое приятное, что уровень сигнала на входе УВЧ на 3 дБ выше, что при эксплуатации ощутимо — приёмник слышит шум тихого радиоэфира.

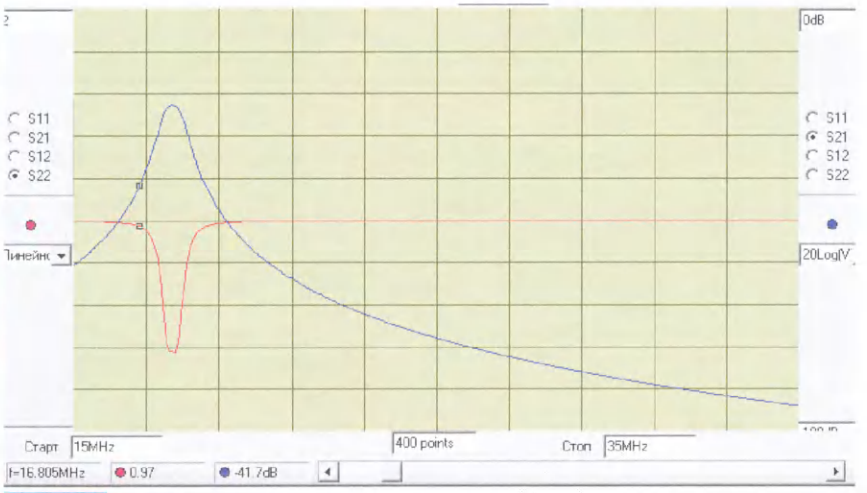


Рис. 54

23. Универсальная ДП-КВ для частот менее 13 МГц

Для новой ДП-КВ для частот менее 13 МГц можно полностью использовать примеры из доработки заводских ДП [1]. На **рис. 55** показан пример схемы для ДП-КВ диапазона 2,95...4,1 МГц с той особенностью, что гетеродин работает ниже частоты приёма для особо высокого подавления зеркального приёма.

Масштаб шкалы приёмника составляет 3 кГц/мм на краях и 9 кГц/мм в центре (приём около 3,6 МГц). Настройка приёма на АМ-станции осуществляется комфортно, для проекта с SSB-приёмом на диапазоне 80 метров масштаб слишком плотный на этом участке. Но тем не менее для оценки обстановки это вполне хороший вариант. Диапазон 75 метров в последние годы постепенно заполняется интересными АМ-радиостанциями. На частотах 3...3,5 МГц продолжаются давние и особые традиции российского радиоэфира.

КПИ L10 не участвует и не устанавливается на частотах ниже 13 МГц, также не нужны элементы C10, C11, зато КПИ L1 полностью задействована с отводами к ТА и УВЧ. Здесь не предусмотрено использование оригинальных заводских входных КПИ, так как качественное исполнение в виде автотрансформатора ключевым образом влияет на селективность и чувствительность приёмника. RC-цепь R1C7 оптимизируют подборкой конденсатора C7 в интервале 5,1...15 пФ для надёжного подавления КВ/УКВ-генерации и без затухания полезного сигнала.

ТА подключена к отводу колебательного контура от 80 % витков, что оптимально для приёма в черте населённого пункта. Для диапазонов выше 5 МГц отвод к ТА лучше делать от 60...70 % витков, считая от холодного конца. Можно улучшить чувствительность, если подключить ТА к полной обмотке КПИ L1, так как контурная ёмкость большая. При этом отвод к выводу 5 у L1 не делают и устанавливают C6 = 180 пФ, а между выводами 5 и 3 L1 на плате нужна перемычка. Это хороший вариант для основной

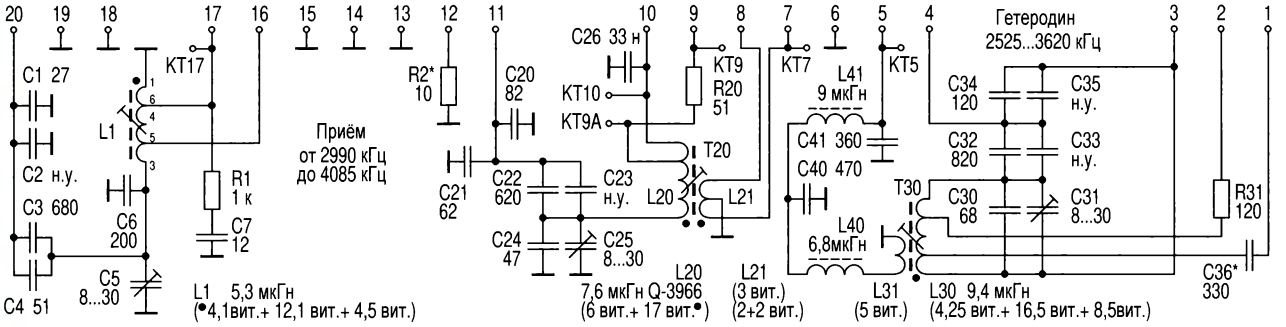


Рис. 55

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

эксплуатации при отсутствии местных помех.

Из-за большого значения гетеродинной индуктивности предлагается альтернативное подключение коллектора к части обмотки (как на ДВ и СВ), при этом используется резистор R31 для подключения к отводу. Для контурной обмотки используют провод диаметром 0,2 мм. Обмотку связи мотают на расстоянии 1 мм от горячего конца контурной обмотки (провод диаметром 0,1...0,12 мм).

Гетеродинный ФНЧ рассчитан на граничную частоту 4 МГц (плоская вершина), и он обеспечит при частоте 5,1 МГц затухание второй гармоники около 10 дБ, когда гетеродин работает на низкой частоте 2500 кГц. Все остальные гармоники подавлены на более чем 22 дБ.

Т20 намотан на экранированных импортных КПИ с основанием 7×7 мм. Сначала мотают шесть витков для коллекторной части и 17...19 витков дальше до горячего конца, обмотка к смесителю — три витка. На гантельных КВ-КПИ мотают 4+15 витков в контурной обмотке и к смесителю — два витка. Для ИМС К174ХА2 мотают 2+2 витка во всех вариантах.

Дальнейшее налаживание проводят по классике, сначала гетеродин выводят в режим с малым уровнем гармоник и потом устанавливают перекрытие по частоте. Следом настраивают контуры УВЧ на лучший приём на краях диапазона, проверяют схождение по центру диапазона. Подстроечником КПИ — на низкочастотном краю, подстроечным конденсатором — на высокочастотном краю. Налаживание проводят несколько раз до полного сопряжения.

24. Заключение

Новой универсальной ДП-КВ исчерпаны возможности заводской коммутации ДП с радиотрактом, ТА работает полноценно. Также на этом этапе завершается модернизация приёмника с радиотрактом на ИМС К174ХА2. Приём от полноразмерных антенн остаётся проблематичным. В следующем разделе предлагаются ДП-КВ с новым вариантом коммутации к радиотракту. Ранее была предложена подходящая универсальная ДП-ДВ/СВ для полного оснащения приёмника по новой коммутации. Это будет радиовещательный приёмник уже совсем другого уровня, большие антенны ему будут "по зубам". Приёмник "Океан-209" нужно оснащать активным смесителем с дополнительным ПЧ-фильтром к первому УПЧ.

***От редакции**. Файлы для изготовления печатной платы универсальной ДП КВ-диапазона по старому варианту коммутации находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2026/03/dp-3.zip** на нашем FTP-сервере.*

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

РОССИЯ

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ. С 23 декабря 2025 г. в Бийске на частоте 87,8 МГц началось вещание радиостанции "Искатель" (источник — URL: **https://altairegion22.ru/press-center/news/biysk/zhitelyam-altaiskogo-naukograda-dostupen-novyi-informatsionnomuzykalnyi-radiokanal_1493723/?sphrase_id=1589973** (21.01.26)).

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ. С 25 декабря 2025 г. в Белгороде на частоте 92,2 МГц началось вещание радиостанции "Радио Z" (источник — URL: **https://vk.com/radio.tv_31?w=wall-83427404_27600** (21.01.23)).

В Губкине на частоте 106 МГц с 26 декабря 2025 г. началось вещание радиостанции "Фестиваль" (источник — URL: **https://vk.com/wall-83427404_27603** (21.01.26)).

ДАГЕСТАН. В Махачкале с 27 декабря 2025 г. на частоте 103,7 МГц началось вещание радиостанции "Радио Шансон" (источник — URL: **https://vk.com/wall-90495469_16644** (21.01.26)).

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

С 28 декабря 2025 г. в Махачкале и Каспийске началось вещание радиостанции "Авторадио" на новой частоте 99 МГц (источник — URL: **https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/46426** (21.01.26)).

ЗАПОРОЖСКАЯ ОБЛ. В Запорожской обл. на частоте 98,9 МГц запущено вещание радиостанции "Дорожное радио" (источник — URL: **https://vk.com/wall-134632126_60762** (21.01.26)).

ИРКУТСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Дорожное радио" возобновила вещание в Усолье-Сибирском. Технические работы, связанные с вещанием "Дорожного радио", завершены. Частота вещания осталась прежней — 106,2 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-19037431_3571** (21.01.26)).

КОСТРОМСКАЯ ОБЛ. С 1 января 2026 г. в г. Буй на частоте 105,5 МГц вместо радиостанции "Юмор ФМ" началась трансляция радиостанции "Авторадио" (источник — URL: **https://vk.com/wall-19037431_3645** (21.01.26)).

КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ. 22 декабря 2025 г. филиал РТРС "Красноярский КРТПЦ" начал трансляцию радиостанции Radio Monte Carlo в Норильске на частоте 88,7 МГц. Мощность передатчика — 490 Вт (источник — URL: **https://krasnoyarsk.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-monte-carlo-v-norilske-/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fmoscow.rtrs.ru%2F** (21.01.26)).

МОСКВА. Вещание радиостанции "Русское радио" в Москве на частоте 105,7 МГц теперь ведётся с Балашихинской радиомачты. Мощность передатчика, расположенного здесь, увеличена с 5 до 10 кВт. Ранее он был резервным и включался в период профилактики на Останкинской телебашне, откуда до недавнего времени производилось основное вещание. Этот передатчик теперь играет роль резервного, его мощность снижена до 2,5 кВт. Вышеописанные изменения были внесены в эфирную лицензию "Русского радио" (источник — URL: **https://vk.com/wall-194965312_17478** (21.01.26)).

ПРИМОРСКИЙ КРАЙ. 27 декабря 2025 г. во Владивостоке на частоте 102,7 МГц зазвучала радиостанция Relax FM (источник — URL: **https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/46436** (21.01.26)).

Также с 27 декабря 2025 г. во Владивостоке на частоте 101,7 МГЦ началось вещание радиостанции "Энерджи" (NRG) (источник — URL: **https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/46431** (21.01.26)).

РОСТОВСКАЯ ОБЛ. С 26 декабря 2025 г. в городе-миллион-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 3, 2026

нике Ростове-на-Дону на частоте 96,1 МГц стартовало вещание радиостанции "Русский Хит". Сигнал радиостанции уверенно принимается и в г. Батайске (источник — URL: **https://www.krutoymedia.ru/news/14558.htm** (21.01.26)).

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ. 31 декабря 2025 г. радиостанция "Олимп" начала трансляцию в г. Сатка на частоте 92,2 МГц, а уже с января 2026 г. в г. Снежинске на частоте 90,6 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-18520524_46340** (21.01.26)).

В Челябинске 31 декабря 2025 г. на частоте 105,9 МГц состоялся запуск радиостанции Relax FM вместо "Радио Шансон" (источник — URL: **https://vk.com/wall-90495469_16665** (21.01.26)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

БОЛГАРИЯ. "Радио Болгария" в 2026 г. выпустило новую серию из 12 QSL-карточек, посвящённых 90-летию радиостанции и БНР, изготовленных при содействии Государственного агентства "Архивы". Ими подтверждаются все прослушанные передачи "Радио Болгария" и все сигналы Болгарского национального радио в эфире ("Горизонт", "Христо Ботев", программ региональных радиостанций в Софии, Благоевграде, Бургасе, Варне, Видине, Кырджали, Пловдиве, Стара-Загоре, Шумене). (Источник — URL: **https://bnrnews.bg/ru/post/413642/nashi-novye-qsl-kartochki-90-let-bnr-i-90-let-radio-bolgariya** (21.01.26)).

ГЕРМАНИЯ. Популярная и успешная радиостанция Sunshine Live завершила переход на цифровое радиовещание. Некоторое время назад был отключён последний передатчик на УКВ-частоте 104,9 МГц в Штутгарте. Программу по-прежнему можно слушать по всей стране через DAB+ (Ensemble DR Deutschland, канал 5C). Будучи одним из первых вещателей в Германии, Sunshine Live начали постепенный отказ от аналогового УКВ-вещания в июле 2016 г., сосредоточившись на переходе на цифровые технологии. Традиционные частоты в регионе Рейн-Неккар и Оденвальде были отключены; теперь в этих районах вещает рок-станция Rock FM (ранее Regenbogen 2). На рубеже 2024—25 гг. вещатель также прекратил аналоговое УКВ-вещание в Мекленбурге-Передней Померании. Sunshine Live косвенно поддерживается радиокомпанией Regiocast, которая также отдаёт приоритет цифровому распространению для других радиостанций (источник — URL: **https://www.digitalfernsehen.de/news/empfang/radio/dieser-deutsche-radiosender-verzichtet-jetzt-komplett-auf-ukw-1170712/** (21.01.26)).

ИТАЛИЯ. Италия находится под давлением ЕС из-за трансграничного вмешательства в УКВ-диапазоне. Европейская комиссия запустила процедуру нарушения в отношении Италии, утверждая, что страна не приняла достаточных административных мер для устранения вредного вмешательства, предположительно вызванного итальянскими УКВ-вещателями, работающими в диапазоне 87,5...108 МГц. По данным Комиссии, помехи затрагивают радиослужбы в нескольких странах-членах ЕС, включая Хорватию, Словению, Францию (в частности, Корсика) и Мальту. Ожидается, что Италия ответит в ближайшие время на официальное уведомление, отправленное в ноябре 2025 г. Дальнейшее бездействие может в конечном итоге привести к передаче дела в Суд Европейского союза и возможным финансовым штрафам (источник — URL: **https://www.redtech.pro/italy-eu-fm-interference-radio/** (21.01.26)).

МОЛДОВА/РОССИЯ. С 1 января 2026 г обновлено время выхода в эфир российских программ через "Приднестровский радиоцентр". Теперь передачи радиостанции "Радио России" выходят в эфир ежедневно на частоте 999 кГц с 11:00 до 15:00 (мощность передатчика — 1000 кВт), а программы радиостанции "Вести ФМ" на частоте 1413 кГц с 18:00 до 05:00 (мощность передатчика — 500 кВт) (источник — URL: **https://vk.com/public158109176?z=photo158109176_457240562%2F2fb05f166b2614666a** (21.01.26)).

СЛОВАКИЯ. 15 декабря 2025 г. исполнилось ровно десять лет с момента запуска первого словацкого мультиплекса DAB+ из Камзика в Братиславе. Началось всё очень скромно — один передатчик и четыре программы общественного радио. Сеть радиостанций в настоящий момент в три раза больше. Благодаря 15 активным передатчикам DAB+ уже охватывает 66 % территории, а охват населения впервые превысил 75 %. К наиболее мощным передатчикам относятся передатчики Nitra — Zobor (фактическая мощность — 10 кВт), Banská Bystrica — Suchá hora (15 кВт) и Bratislava — Kamzík (7,2 кВт). С 5 июня 2025 г. на словацких радиопрограммах регулярно работают дополнительные контентные сервисы (визуальные/информационные сервисы в приёмниках), разработанные совместно STVR и Towercom (источник — URL: **https://www.satelitnatv.sk/2025/12/10-rokov-dab-na-slovensku-od-kamzika-k-75-pokrytiu-prehlad-2015-2025/** (21.01.26)).

США. Радиостанция "Радио свободная Азия" (RFA), финансируемая государством, которая в значительной степени прекратила свою деятельность в прошлом году на фоне сокращения расходов администрации Трампа, планирует возродить своё корейское содержание как способ вещания на Северную Корею. RFA и сестринские организации финансируются за счёт средств Конгресса и полностью контролируются США "Агентством глобальных медиа" (USAGM). В прошлом году президент Дональд Трамп назначил Кари Лейка, бывшего ведущего новостей, лояльного ему, главой USAGM и прекратил их гранты, утверждая, что это пустая трата денег налогоплательщиков, что привело к массовым увольнениям. Внутренние критики Трампа назвали это стратегической ошибкой в конкуренции США с авторитарными правительствами, включая Китай. Планы возрождения включают 643 млн долларов для USAGM и всё ещё требуют одобрения Конгресса и Трампа (источник — URL: **https://www.reuters.com/world/asia-pacific/radio-free-asia-resume-korean-broadcasts-reach-north-2026-01-16/** (21.01.26)).

Испанская вещательная компания Spanish Broadcasting System, Prisa Media и Caracol Radio объявили о начале стратегического партнёрства в сфере аудиовещания на территории США. Компании договорились о совместной разработке и распространении глобальных испаноязычных аудиосервисов, охватывающих эфирное радиовещание, стриминг и контент по запросу. Сотрудничество ориентировано на освоение растущего испаноязычного рынка Соединённых Штатов, который оценивается в четыре триллиона долларов и продолжает активно расширяться. Практическая реализация партнёрства в США стартовала с запуска круглосуточной новостной, спортивной и музыкальной программы Caracol Radio America. В проекте задействованы ведущие из испаноязычных стран. Платформа начала работу в эфире с радиостанции WRAZ 106.3 в Майами, а также стала доступна в формате прямых трансляций и по запросу в приложении LaMusica от SBS. (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__92325/** (21.01.26)).

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ТУНИС/АЛЖИР. Тунисские и алжирские общественные вещатели объединяются в сотрудничестве в области технологии радиовещания DAB+. Соглашение было подписано в декабре прошлого года в Тунисе в рамках 23-й сессии Тунисско-алжирской совместной комиссии, двустороннего форума, посвящённого дипломатическому, экономическому и культурному сотрудничеству. Партнёрство предназначено для поддержки перехода вещателей от аналогового к цифровому радиовещанию, при этом DAB+ определён в качестве приоритетной области для совместной технической экспертизы. Вещатели сообщают, что сотрудничество также будет распространяться на интернет-платформы потоковой передачи, мобильные приложения и распространение подкастов. Соглашение включает в себя совместную работу по оцифровке и сохранению исторических аудиоархивов, обмен техническими знаниями о реставрации и хранении аудио и разработке совместных редакционных проектов, отражающих общее культурное наследие в регионе Магриба (источник — URL: **https://www.redtech.pro/tunisian-algerian-dab-plus-cooperation/** (21.01.26)).

Хорошего приёма и 73!

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Разработка программ для микроконтроллеров STM32, ATmega и других на заказ:
Сбор данных, передача на сервер, управление, свет, звук, CAN и LIN, генерация сигналов, измерения и т. д.
E-mail: micro51@mail.ru
т. +7-912-619-5167

* * *

Отгружает Гиперон в Яндекс, Wildberries, Озон.
Все товары собираем, в день заказа отправляем.
www.radiodetali.perm.ru
Тел: 8-800-201-75-54

"Твердотельная лампа" в старом радиоприёмнике

С. ГАЛАШ, г. Москва

В последнее время в сообществе радиолюбителей всё более популярным становится восстановление старых, зачастую редких и раритетных ламповых радиоприёмников и радиол. Однако после восстановления их дальнейшее использование затруднено, так как большинство из них предназначены для приёма сигналов радиостанций с амплитудной модуляцией преимущественно в диапазонах ДВ и СВ. В настоящее время радиовещание в этих диапазонах постепенно прекращается, поэтому старый ламповый приёмник так и остаётся уникальным предметом интерьера или элементом коллекции.

Для "оживления" таких радиоприёмников некоторые радиолюбители подключают к антенному входу приёмника модулятор, на который, в свою очередь, подают звуковой сигнал с современного приёмника или другого источника сигнала. Другие, для которых сохранение аутентичного состояния приёмника не столь важно, внедряют в его конструкцию современные электронные модули, осуществляющие приём радиостанций с частотной модуляцией в УКВ-диапазоне 87,5...108 МГц. При этом в приёмнике используется только блок питания и выходной УЗЧ.

В статье предлагается решение, позволяющее без модификации конструкции старых ламповых супергетеродинных приёмников обеспечить возможность приёма радиостанций в УКВ-диапазоне, а также в СВ и различных КВ-диапазонах. Кроме того, становится возможным использование приёмника в качестве Bluetooth-колонки.

Для примера и пояснения принципов реализации такого технического решения рассмотрим конструкцию весьма популярного у коллекционеров супергетеродинного приёмника VEF SUPER M-557, выпускавшегося в период с 1946 г. по 1949 г. (см. заставку). Фрагмент схемы входного каскада этого приёмника показан на **рис. 1** (сохранён стиль исполнения схем тех лет). В нём, как и в большинстве приёмников того времени, для реализации гетеродина и смесителя использован гептод 6А8 или его аналоги. На первой и второй его сетках реализован генератор, выполняющий функцию гетеродина, его частота определяется подключаемыми к сеткам (посредством переключателя диапазонов П1) колебательными контурами и одной из секций конденсатора переменной ёмкости (КПЕ) С3. На четвёртую сетку гептода с преселектора поступает сигнал с радиочастотой. Таким образом, в лампе осуществляется смешение колебаний гетеродина с колебаниями принимаемого сиг-

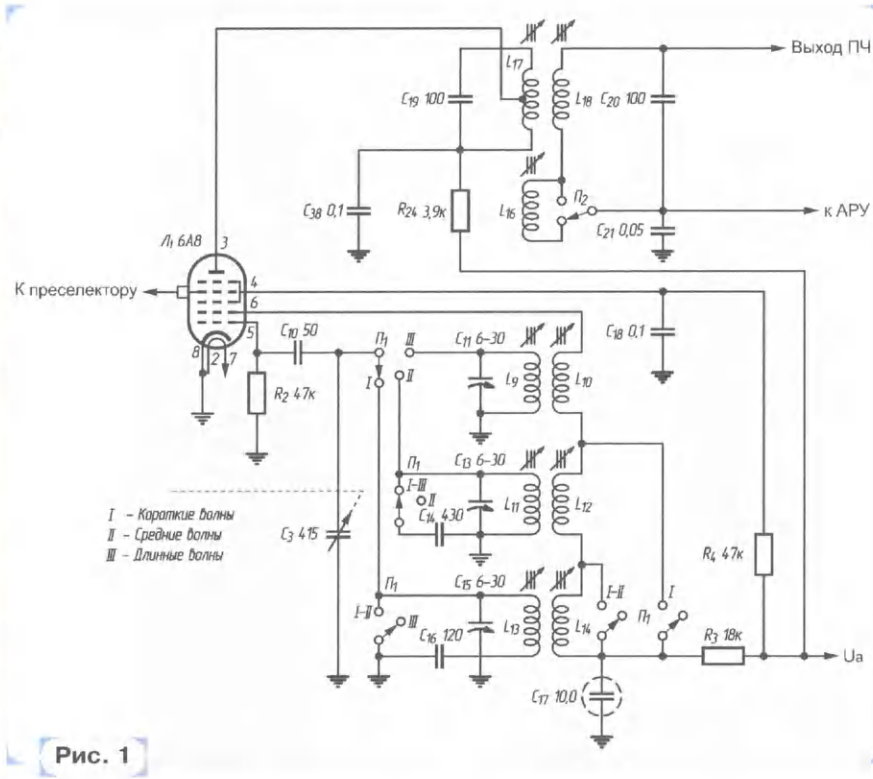


Рис. 1

нала. Результат преобразования выделяется на включённом в анодную цепь лампы колебательном контуре L17C19, настроенном на промежуточную частоту (ПЧ). В рассматриваемом приёмнике она составляет 469 кГц. Выделенный сигнал ПЧ снимается с колебательного контура L18C20, который индуктивно связан с анодным контуром, затем усиливается и детектируется для получения сигнала ЗЧ.

Суть идеи по приданию приёмнику новых функций без модификации его конструкции состоит в замене гептода 6А8 на так называемую "твердотельную лампу", в которой на достаточно популярной микросхеме КТ0936М реализован самостоятельный многодиапазонный DSP-тюнер. Для формирования напряжений выбора диапазона и настройки приёмника на радиостанцию используются внешние времязадающие цепи гетеродина, а полученный сигнал звуковой частоты промодулирован промежуточной частотой и подан во внешнюю анодную цепь лампы.

На **рис. 2** приведена схема "твердотельной лампы". Рассмотрим её подробно. В качестве разъёма XP1 использован цоколь от неисправной радиолампы. Нумерация контактов разъёма соответствует нумерации штырьков цоколя лампы 6А8. Питание устройства осуществляется переменным напряжением накала подогревателя лампы. Выпрямление этого напряжения осуществляется одним из дио-

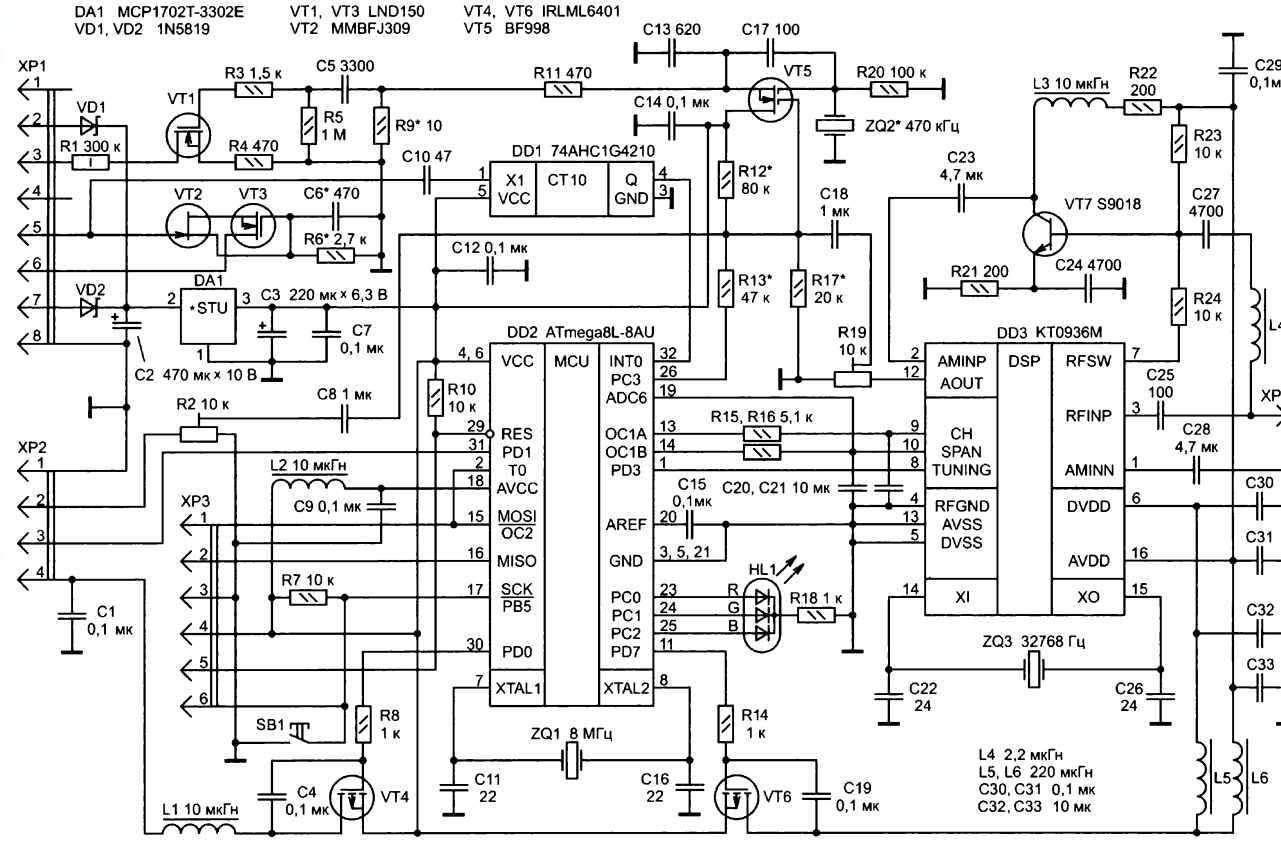


Рис. 2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

дов VD1 или VD2, подключённых соответственно к контактам 2 и 7 разъёма XP1. Применение двух диодов обусловлено тем, что невозможно заранее точно определить, к какому из указанных контактов ламповой панели приёмника подведено напряжение накала, а какой соединён с шасси. В любом из указанных случаев выпрямительные функции выполняет только один диод. Выпрямленное и сглаженное конденсатором C2 напряжение поступает на вход стабилизатора напряжения DA1. Его особенностью является малое минимальное падение напряжения, благодаря чему он способен обеспечить стабилизированное выходное напряжение 3,3 В при входном напряжении от 4,5 В и более. Отфильтрованное конденсаторами C3 и C7 выходное напряжение стабилизатора поступает в цепь питания элементов устройства. Фильтрующие функции в цепях питания также выполняют конденсаторы C1, C9, C12, C14, C29—C33 и дроссели L1, L2, L5, L6.

На полевых транзисторах VT2, VT3, резисторе R6 и конденсаторе C6 реализован каскад [1], имитирующий собой первую и вторую сетки лампы 6A8. В совокупности с внешними катушками индуктивности и конденсаторами этот каскад выполняет функцию генератора, частота которого изменяется посредством КПЕ приёмника. Полученные таким способом колебания снимаются с затвора транзистора VT2 и через разделительный конденсатор C10 подаются на вход делителя частоты на микросхеме DD1. Если гетеродин и смеситель приёмника реализованы на отдельных лампах, необходимость в узле на транзисторах VT2 и VT3 отпадает. В этом случае частоту гетеродина можно подать непосредственно на конденсатор C10, предварительно уменьшив её амплитуду, например, с помощью высокоомного резистивного делителя.

С выхода Q (вывод 4) делителя DD1 импульсы поделённой на 1024 частоты гетеродина подаются на вход INT0 микроконтроллера (МК) DD2 [2]. Каждым своим фронтом импульсы вызывают событие обработки его внутреннего прерывания по вектору ноль. При обработке нечётных фронтов осуществляется сброс и разрешается работа нулевого и второго восьмиразрядных таймеров-счётчиков МК. Источником счётных импульсов для второго таймера-счётчика служит тактовая частота 8 МГц тактового генератора МК. Он сконфигурирован таким образом, что на выходе OC2 МК формируются импульсы, фронт которых совпадает с моментом переполнения его счётного регистра. Этот сигнал подаётся на вход T0 и служит источником счётных импульсов для нулевого таймера-счётчика, сконфигурированного для работы в режиме внешнего тактирования. При обработке чётных фронтов оба таймера-счётчика останавливаются, и значения их счётных регистров совокупно преобразуются в 16-разрядную переменную, определяющую длительность периода сигнала на входе INT0, выраженную в тактах МК.

Конечно, для измерения периода сигнала удобнее было бы использовать специально предназначенный для этого вход ICP1 МК, организовав работу его первого 16-разрядного таймера-счётчика в режиме захвата. Но предлагаемая альтернативная программно-аппаратная реализация позволяет освободить первый таймер-счётчик для организации двух источников сигналов с широтно-импульсной (ШИ) модуляцией и на их основе двух десятиразрядных цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП).

МК циклически проверяет, в какой из четырёх заранее предустановленных диапазонов попадает значение измеренного периода сигнала на входе INT0. Если это значение попадает в один из первых трёх диапазонов, это служит признаком, определяющим работу устройства в режиме приёмника. Если измеренное значение попадает в границы четвёртого предустановленного диапазона, это является признаком работы устройства в режиме Bluetooth-колонки. В зависимости от режима работы МК устанавливает на выходах PD0 и PD7 логические уровни, открывающие полевой транзистор VT4 или VT6. При этом осуществляется подача напряжения питания либо на DSP-тюнер DD3, либо на контакт 4 разъёма XP2, предназначенный для подключения внешнего Bluetooth-модуля.

В режиме приёмника управление DSP-тюнером осуществляется подачей на его входы CH и SPAN необходимых уровней напряжения, определяющих соответственно настройку на радиостанцию и выбранный диапазон. С этой целью, как уже говорилось выше, первый таймер-счётчик МК настроен на формирование двух независимых источников ШИ-сигналов на выходах OC1A и OC1B. В совокупности с подключёнными к ним фильтрами низких частот R15C21 и R16C20 соответственно образуются два десятиразрядных канала ЦАП.

Напряжение настройки на радиостанцию на входе CH тюнера варьируется от 0 до 3,3 В и формируется МК в зависимости от измеренного значения периода частоты гетеродина внутри границ диапазона, в который оно попадает.

Напряжение выбора диапазона на входе SPAN тюнера в соответствии с руководством на микросхему KT0936M [3] предлагается формировать с помощью резистивного делителя. Там же приведены значения сопротивлений резисторов его плеч для выбора одного из шестидесяти диапазонов. Надо заметить, что эти сопротивления не принадлежат к стандартному ряду, а допуск их отклонения от номинала не должен превышать 1 %.

В предлагаемом устройстве напряжение SPAN также формируется с помощью ЦАП. В тексте программы МК устанавливаются три значения сопротивлений вышеуказанных резисторов для выбора трёх рабочих диапазонов. В авторском варианте выбраны диапазоны 87...108,5 МГц, 513...1719 кГц и 13...23 МГц, но желающие повторить конструкцию могут легко их изменить по своему усмотрению.

МК анализирует, в какой из первых трёх предустановленных диапазонов попадает измеренное значение периода сигнала на входе INT0, и с учётом предопределённых значений сопротивлений резисторов рассчитывает и формирует на выходе ЦАП необходимое напряжение. Для осуществления первоначальной калибровки этого канала ЦАП его выход подключён к входу ADC6 внутреннего АЦП МК.

Разъём XP4 является антенным входом устройства. Сигнал с него через конденсатор C25 поступает на вход RFINP тюнера DD3, используемый для приёма ЧМ-сигналов. При приёме АМ-сигналов используется вход AMINP тюнера. Сигнал на этот вход поступает через усилитель высокой частоты (УВЧ), реализованный на транзисторе VT7, резисторах R21—R24, конденсаторах C23, C24, C27 и дросселях L3 и L4. Вход AMINN тюнера, предназначенный (совместно с входом AMINP) для подключения магнитной антенны, через конденсатор C28 по высокой частоте соединён с общим проводом устройства. Управление работой УВЧ осуществляется посредством выхода RFSW тюнера, к которому подключён резистор R24. Этот выход в зависимости от режима работы тюнера либо "подтянут" к земле, либо находится в высокоимпедансном состоянии. Если приём АМ-радиостанций не планируется, УВЧ можно не реализовывать.

Сигналы ЗЧ либо с выхода AOUT тюнера через подстроечный резистор R19 и разделительный конденсатор C18, либо с Bluetooth-модуля через под-

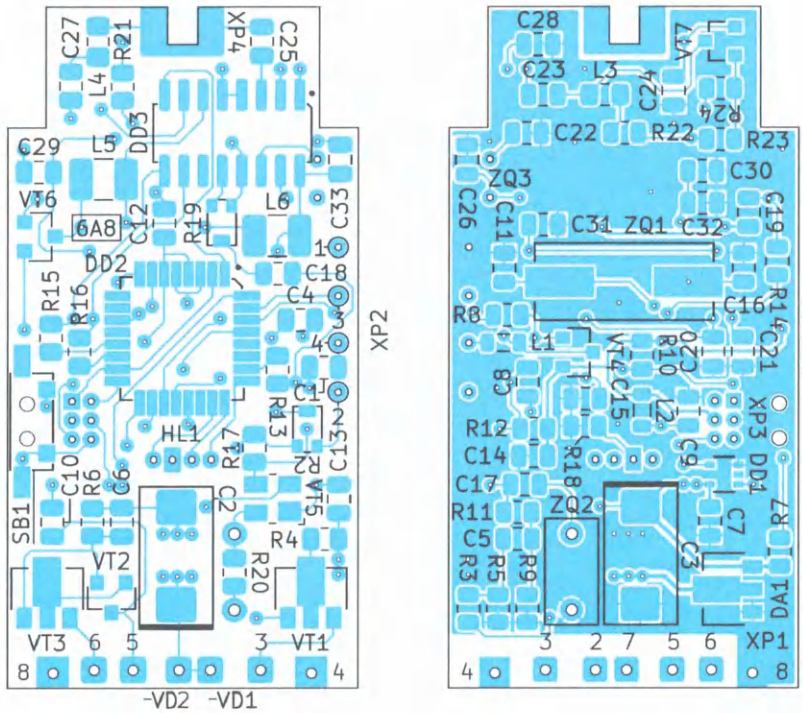


Рис. 3

строечный резистор R2 и конденсатор C8, поступают на один из затворов полевого транзистора VT5. На этом транзисторе, резисторах R9, R11, R12, R17, R20, конденсаторах C13, C17 и керамическом резонаторе ZQ2 реализован узел, осуществляющий АМ-модуляцию ПЧ сигналами ЗЧ. Следует обратить внимание, что указанный в схеме резонатор ZQ2 на частоту 470 кГц выбран исходя из значения ПЧ приёмника VEF SUPER M-557. Для использования устройства в других ламповых приёмниках необходимо применить резонатор ZQ2 с частотой, соответствующей их ПЧ, например 465 кГц.

Резистор R13 необходим в случае, если в конструкции лампового приёмника есть индикатор точной настройки на радиостанцию. Зачастую он выполнен на электровакуумной лампе 6E5C или аналогичной (так называемый "зелёный глаз" или "магический глаз"). На выходе TUNING тюнера DD3 при точной настройке на радиостанцию устанавливается сигнал высокого уровня. К этому выходу подключён вход PD3 МК, который осуществляет циклическую проверку его состояния и при появлении высокого уровня переключает порт PC3 МК в режим выхода и устанавливает на нём логический ноль. В противном случае он находится в режиме входа в высокоимпедансном состоянии. Таким образом, при точной настройке на радиостанцию резистор R13 подключается параллельно нижнему

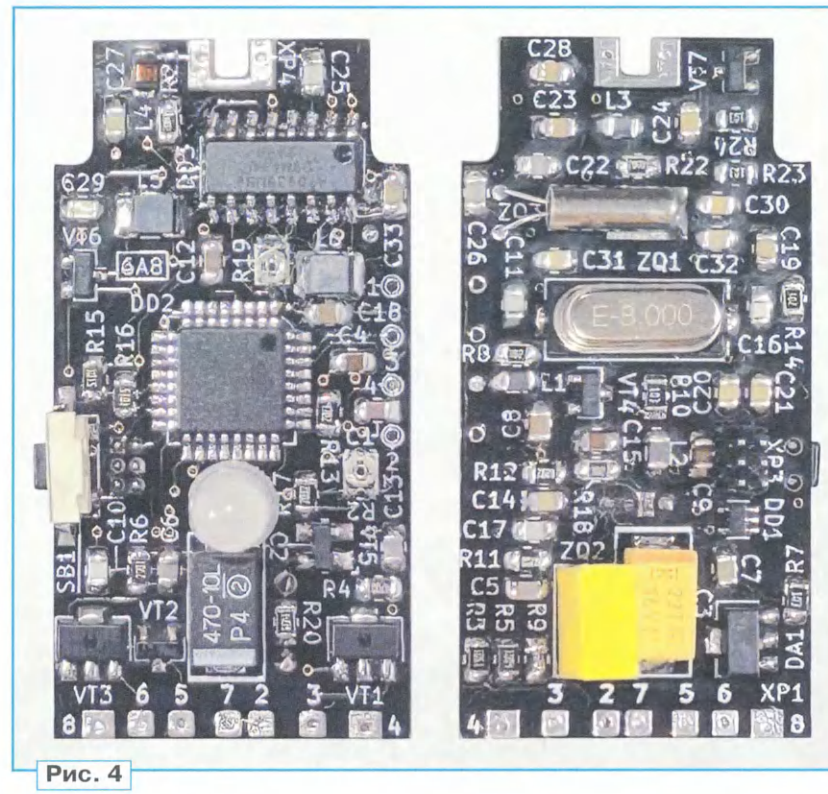


Рис. 4

плечу делителя напряжения R12R17, что вызывает увеличение размаха модулированного сигнала без изменения глубины его модуляции. Это приведёт к тому, что тёмный сектор магического глаза сузится. При переключении устройства в режим

Bluetooth-колонки также будет сымитирована точная настройка на радиостанцию.

Снятый с делителя R9R11 модулированный сигнал через конденсатор C5 и резистор R3 поступает на затвор полевого транзистора VT1. На нём, а также резисторах R1, R3—R5 выполнен узел, посредством которого сигнал модулированной ПЧ подаётся в анодную цепь лампы.

Трёхцветный светодиод HL1 совместно с токоограничивающим резистором R18 образуют индикатор режимов работы, а кнопка SB1 и резистор R7 образуют элемент управления, необходимый при первоначальном налаживании. Подробнее об этой процедуре будет рассказано ниже.

Кварцевые резонаторы ZQ1 и ZQ3 в совокупности с конденсаторами C11, C16 и C22, C26 служат для тактирования МК DD2 и тюнера DD3 соответственно. Резистор R10 предназначен для подачи высокого уровня напряжения на вход RESET МК. На контакты разъёма XP3 выведены линии питания и сигналы МК, предназначенные для его внутрисхемного программирования.

Малые габариты печатной платы не позволили применить общепринятый для этой функции разъём серии PLD с шагом контактов 2,54 мм. Вместо него в конструкции использован штыревой разъём с шагом контактов 1,27 мм. Назначение контактов

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

разъёма XP3 также отличается от общепринятого стандарта для AVR ISP программаторов. В связи с этим для внутрисхемного программирования МК необходимо изготовить соответствующий переходник.

Для монтажа элементов разработана двусторонняя печатная плата, размеры и форма которой позволяют поместить её внутри корпуса от лампы 6А8. Топология платы с размещением на ней элементов в масштабе 2:1 показан на **рис. 3**. На плате монтируют все компоненты за исключением диодов VD1, VD2 и резистора R1. Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 4**. Желающие при повторении конструкции использовать такую же плату, могут скачать Gerber-файлы и её проект в формате среды проектирования KiCad 5.1.12 на сайте журнала.

Для сборки конструкции в целом необходимо использовать элементы от оригинальной лампы 6А8 в металлическом корпусе. Бакелитовый октальный цоколь будет выполнять функцию разъёма XP1. На нижнем краю платы расположены контактные площадки, нумерация которых соответствует нумерации штырьков цоколя. Четвёртая и восьмая контактные площадки платы припаивают непосредственно к одноименным штырькам цоколя с его обратной стороны. Второй и седьмой штырьки цоколя соединяют навесным монтажом с соответствующими контактными площадками платы через диоды VD1 и VD2. Третий штырёк соединён с платой через резистор R1. Пятый и шестой штырьки соединяют с одноимёнными контактными площадками платы с помощью отрезков изолированного провода. Внешний вид смонтированной на цоколь платы показан на **рис. 5**.

К верхней стороне платы с помощью пайки крепят резьбовую шпильку. Она является одновременно единственным контактом разъёма XP4 и крепёжным элементом. На неё навинчивают колпачок лампы, в котором также с помощью пайки закреплена гайка соответствующего шпильке диаметра. Внутри металлического корпуса необходимо удалить конструктивные элементы, полностью освободив его внутренний объём. Имеющееся в верхней части корпуса отверстие необходимо увеличить, обеспечив зазор между корпусом и шпилькой. Также к верхней части корпуса снаружи приклеена шайба из диэлектрического материала. Кроме того, в корпусе необходимо просверлить отверстия напротив светодиода HL1 и кнопки SB1. Внешний вид корпуса лампы и её колпачка показан на рис. 6. Корпус устанавливают сверху на цоколь с платой и на шпильку навинчивают колпачок, фиксируя, таким образом, всю конструкцию в целом, она показана на **рис. 7**.

Несколько изготовленных автором экземпляров устройства не потребовали какого-либо налаживания и заработали в различных приёмниках серии VEF SUPER сразу после выполнения процедуры обучения, о которой будет рассказано ниже. Однако схемотехника, режимы работы ламп и добротность колебательных контуров других приёмников могут существенно отличаться. В этой связи целесообразно рассмотреть процедуру, при которой сборка и конструкции осуществляются поэтапно.

Сначала монтируют узел на полевых транзисторах VT2, VT3, резисторе R6 и конденсаторах C6, C10. Затем плату устанавливают в цоколь и соединяют с его штырьками. Далее устройство вставляют в соответствующую ламповую панель приёмника (перед этим необходимо убедиться в том, что обеспечивается нормальный режим работы этой лампы). Для удобства на время налаживания шасси приёмника желательно извлечь из его корпуса. Подключив осциллограф к свободному выводу конденсатора C10, и включив приёмник, проверяют наличие генерации сигнала гетеродина, оценивают форму и амплитуду сигнала во всех диапазонах работы приёмника. Необходимо заметить, что генерация возникает не сразу после включения приёмни-

Рис. 5

Рис. 6

Необходимо отметить, что эта конструкция уже не обладает прочностными характеристиками оригинальной лампы. Поэтому извлекать её из панели приёмника необходимо с осторожностью. Удобнее всего это делать, предварительно поддев её за цоколь с помощью плоской отвёртки.

Рис. 7

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ка, а с некоторой задержкой, обусловленной прогревом его кенотрона и появлением анодного напряжения.

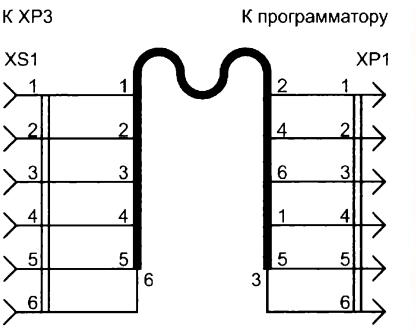
Добиться устойчивой генерации при переключении диапазонов и при перестройке КПЕ приёмника в крайние положения можно подборкой элементов C6 и R6. Чтобы в ходе подборки элементов многократной пайкой не повредить монтажные площадки, целесообразно временно использовать подстроечные резистор и конденсатор, подключив их к плате с помощью коротких проводов.

Контроль работы узла в режиме работы приёмника на КВ (если таковой имеется) может представлять некоторую трудность. На высоких частотах генерация может срываться при подключении осциллографа. Чтобы избежать этого, делитель на его щупе необходимо переключить в режим 10:1. Контроль генерации можно также осуществить и бесконтактным способом. Для этого нужно изготовить небольшую катушку из одного или двух десятков витков провода и подключить её одним выводом к земле, а другим — к входу осциллографа. Расположив указанную катушку вблизи частотозадающего контура гетеродина и установив на осциллографе необходимую чувствительность, можно также наблюдать генерируемый узлом сигнал.

Затем монтируют цепи, обеспечивающие питание устройства — диоды VD1 и VD2, конденсаторы C2, C3, C7 и стабилизатор напряжения DA1. Также на этом этапе можно установить элементы, выполняющие в цепях питания фильтрующие функции (C9, C12, C14, C15, C29—C33, L2, L5, L6). Убедившись в наличии напряжения питания 3,3 В, монтируют делитель частоты DD1 и проверяют на его выходе Q наличие прямоугольных импульсов частоты гетеродина, поделённой на 1024.

Далее монтируется узел модулятора — полевой транзистор VT5, резисторы R9, R11, R12, R17, R20, конденсаторы C5, C13, C17, C18 и резонатор ZQ2. Налаживать модулятор удобнее с использованием генератора ЗЧ с выходным сигналом амплитудой 0,6...0,8 В, поданным на правый по схеме вывод конденсатора C18. Если функциональные возможности генератора позволяют, желательно установить пилообразную либо треугольную форму выходного сигнала. С помощью осциллографа, подключённого к точке соединения резисторов R9 и R11, контролируют форму модулированного сигнала. На этом этапе важно оценить соответствие формы модулирующего сигнала и огибающей промодулированного сигнала. При необходимости коррекции формы огибающей подбирают конденсаторы C13, C17 и резисторы R12, R17. Работу модулятора целесообразно проверить в диапазоне частот ЗЧ от 200 Гц до 10 кГц.

Далее необходимо смонтировать узел на полевом транзисторе VT1 и резисторах R1, R4, R5. После его монтажа при подаче на модулятор звукового сигнала он уже должен воспроизводиться приёмником. Затем монтируют МК DD2, разъём XP3, кнопку SB1, светодиод HL1, кварцевый резонатор ZQ1, конденсаторы C11, C16, C20, C21, резисторы R7, R15, R16, R18.



XS1 розетка PBL-3x2, шаг контактов 1,27 мм
XP1 вилка PLD-3x2, шаг контактов 2,54 мм

Рис. 8

Если в конструкции предусматривается использование Bluetooth-модуля, устанавливают дроссель L1, резистор R8, конденсаторы C1, C4, C8, C19, транзисторы VT4, VT6 и подстроечный резистор R2. В противном случае указанные элементы не устанавливают, необходимо только замкнуть на плате между собой контактные площадки истока и стока транзистора VT6. Светодиод HL1 при этом можно заменить двухцветным (исключив синий).

Затем необходимо изготовить переходник для программирования МК. Назначение этого переходника — обеспечить электрическое и физическое соответствие стандарту внутрисхемного программирования. Схема и внешний вид такого переходника, подключённого к разъёму программатора, показаны на **рис. 8** и **рис. 9** соответственно.

После изготовления переходника необходимо запрограммировать МК. Архив с проектом управляющей микропрограммы на языке С, разработанной в среде Atmel Studio 7.0 и снабжённой подробными комментариями, можно получить на сайте журнала. Там же находятся дампы прошивки FLASH и EEPROM памяти МК, а также инструкция по установке флагов его конфигурации.

При установке запрограммированного устройства в приёмник и его включении светодиод HL1 должен начать мигать красным с частотой, пропорциональной частоте, генерируемой гетеродином. При переключении диапазонов приёмника и при его перестройке по частоте с помощью КПЕ частота мигания светодиода должна меняться соответствующим образом. Затем необходимо как можно точнее измерить напряжение питания

Рис. 9

МК и опорное напряжение модуля АЦП на его выводе AREF (на конденсаторе C15).

Измеренные значения, выразив их в милливольтах, необходимо присвоить соответствующим переменным в исходном тексте программы. Также, при желании, в тексте программы необходимо изменить значения, определяющие сопротивления резисторов для выбора рабочих диапазонов DSP-тюнера (в соответствии с руководством на микросхему KT0936M). Строки с указанными значениями подробно прокомментированы в исходном тексте программы.

Затем программу необходимо перекомпилировать и вновь запрограммировать FLASH и EEPROM МК. В случае, если по каким-либо причинам отсутствует возможность воспользоваться компилятором, надо определить соответствующие значения и отредактировать файл программирования EEPROM (Core_M8L.eep). Пример расположения в нём вышеуказанных значений и формат их записи показаны на **рис. 10**. Этот файл также содержит байт контрольной суммы. Его необходимо рассчитать в соответствии с обнов-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

лённым содержимым и откорректировать. Алгоритм подсчёта контрольной суммы для *.eep (*.hex) файлов подробно освещён в Интернете.

Четвёртым шагом обучения является выбор на каком-либо из диапазонов участка на шкале приёмника, в котором устройство будет переключаться в режим

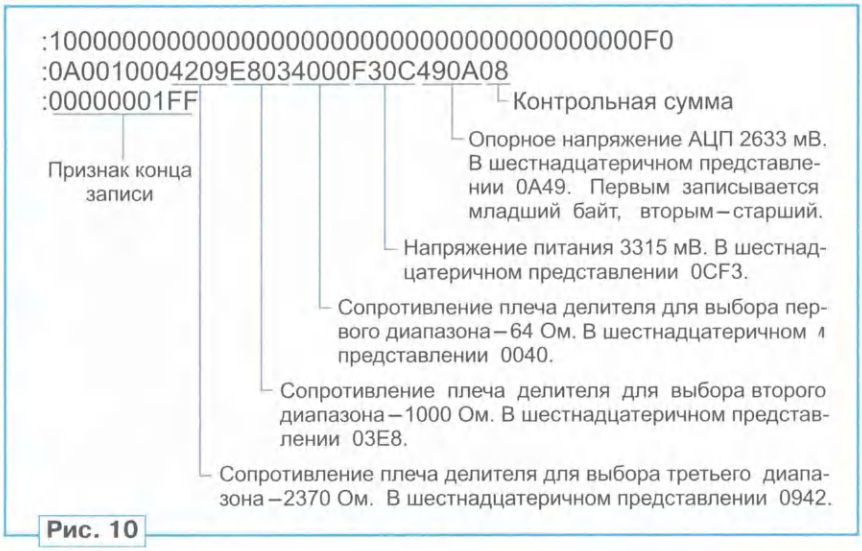


Рис. 10

Теперь устройство пора "обучить" режимам работы в приёмнике. Для этого необходимо нажать на кнопку SB1 и, удерживая её при выключенном приёмнике, включить его. Вход в режим обучения подтверждается поочерёдным миганием светодиода красным и зелёным. После этого кнопку SB1 необходимо отпустить. По мере прогрева приёмника и появления анодного напряжения светодиод HL1 начнёт мигать красным. Выбрав переключателем приёмника первый диапазон и перестроив КПЕ в крайнее положение, соответствующее нижней границе диапазона по частоте, необходимо однократно нажать на кнопку SB1. Затем КПЕ переводят в другое крайнее положение, соответствующее верхней границе диапазона по частоте, и на кнопку SB1 нажимают ещё раз. При этом в память МК записываются измеренные значения периода частоты гетеродина для границ этого диапазона. После выполнения первого шага светодиод HL1 должен уже мигать зелёным при перестройке КПЕ в пределах всего диапазона. Затем приёмник последовательно переключают на второй и третий диапазоны и вышеописанные действия повторяют. Если в приёмнике реализовано менее трёх диапазонов, обучение в отсутствующем диапазоне осуществляется просто двукратным нажатием на кнопку SB1 в крайнем положении КПЕ на имеющемся диапазоне. Также в этом случае (как и в случае наличия в приёмнике более трёх диапазонов) можно откорректировать соответствующим образом процедуру обучения в программе МК.

Bluetooth-колонки. Действия при этом аналогичны вышеописанным, за исключением того, что для фиксации границ при нажатии на кнопку удобно выбрать точки, находящиеся немного ниже и выше по частоте какого-либо обозначения на шкале приёмника (например, названия города).

Согласно логике работы программы, вся процедура обучения (переключение диапазонов приёмника, перестройка по частоте и восемь нажатий на кнопку) должна быть выполнена за один приём. После восьмого нажатия на кнопку установленные в ходе обучения значения границ диапазонов записываются в энергонезависимую память МК. Если в ходе выполнения процедуры обучения была допущена ошибка, приёмник необходимо выключить и снова войти в режим обучения. Обучение необходимо выполнять и при установке устройства в другие приёмники.

После выполнения процедуры обучения необходимо убедиться в правильности формирования значений напряжения на входе SPAN тюнера при переключении диапазонов приёмника. Также при перестройке КПЕ приёмника из одного крайнего положения в другое напряжение на входе CH должно изменяться от нуля до напряжения питания. При настройке приёмника на участок, выбранный для работы в качестве Bluetooth-колонки, на контакт 4 разъёма XP2 должно подаваться напряжение питания.

Затем монтируют тюнер DD3, кварцевый резонатор ZQ3, конденсаторы C22, C24, C25 и подстроечный резистор R19. Также в случае, если планируется осуществлять приём АМ-радиостанций, на плату необходимо установить компоненты УВЧ — транзистор VT7, резисторы R21—R24, конденсаторы C23, C24, C27, дроссели L3 и L4. После этого "лампу" устанавливают в приёмник, и к её колпачку подключается проводник, подающий сигнал от преселектора. Чтобы избежать ослабления радиосигнала цепями преселектора приёмника, его можно обойти, соединив антенный вход непосредственно с контактом, к которому припаян провод, идущий на колпачок лампы.

После включения приёмника, возможно, потребуется подстроечным резистором R19 установить желаемый уровень громкости при приёме радиостанций. Если в приёмнике имеется индикатор точной настройки на лампе 6E5C (или аналогичной), необходимо установить резистор R13. Его подборкой устанавливают желаемый размер тёмного сектора индикатора при точной настройке на станцию. Также может потребоваться дополнительная подборка резистора R9 для установки размера тёмного сектора при отсутствии точной настройки на станцию. Если в приёмнике не предусмотрена функция индикации точной настройки, резистор R13 не устанавливают.

На этом сборку и налаживание можно считать практически завершёнными. Остаётся только, если такая функция необходима, подключить Bluetooth-модуль. Для его подключения предназначен разъём XP2. Он выполнен в виде четырёх пронумерованных контактных площадок на краю печатной платы. К ним с помощью проводников и подключают Bluetooth-модуль. Первый контакт разъёма XP2 предназначен для подключения общего провода. Четвёртый — для напряжения питания модуля. Ко второму подключают выход аудиосигнала модуля. О назначении третьего контакта будет сказано далее.

При выборе Bluetooth-модуля необходимо учесть ряд факторов. Желательно, чтобы он имел малые габариты, напряжение питания 3,3 В и монофонический выход сигнала ЗЧ. Кроме того, желательно, чтобы он не требовал сложной процедуры сопряжения с источником данных. Указанным требованиям полностью удовлетворяет широко распространённый модуль CA-6928 v2.0. Он имеет малую стоимость и габаритные размеры всего 23×13,5×1 мм. Несмотря на наличие в нём выходов для левого и правого каналов, на самом деле они объединены за разделительными конденсаторами, и модуль является монофоническим.

Кроме того, этот модуль переходит в режим сопряжения с ведущим устройством автоматически сразу после подачи на него напряжения питания. Его применение является предпочтительным.

Также, с некоторыми трудностями, в качестве Bluetooth-модуля можно использовать "начинку" миниатюрного Bluetooth головного телефона. Главным препятствием в этом случае может оказаться то, что внутренний объём телефона может быть залит компаундом, поэтому извлечь плату из корпуса без её повреждения будет весьма затруднительно. Этого "недостатка", как правило, лишены головные телефоны из низкой ценовой категории. В Интернете есть масса публикаций, в которых авторы используют такую электронику в своих конструкциях, и это может помочь в выборе.

Ещё одним недостатком использования в конструкции "начинки" Bluetooth головных телефонов является то, что при напряжения питания менее 3,4...3,5 В она начинает выдавать аудиосообщение о низком уровне напряжения аккумулятора. Избежать этого можно, увеличив напряжение питания до 3,6 В. Для этого необходимо применить стабилизатор MCP1702T-3602E либо аналогичный. При этом в программу МК необходимо внести коррективы в части константы, определяющей значение напряжения питания.

Как правило, для того, чтобы Bluetooth головной телефон вошёл в режим сопряжения с источником аудиоданных, в нём необходимо нажать на специальную кнопку. Обычно эта кнопка замыкает на общий провод подтянутый к напряжению питания вход специализированной микросхемы. Выполнить эту процедуру после того, как содержимое головного телефона будет интегрировано в конструкцию твердотельной лампы, не представится возможным.

С этой целью на третий контакт разъёма XP2 выведен выход PD1 МК. Его необходимо подключить к сигнальному выводу кнопки сопряжения головного телефона. В режиме работы устройства как тюнера выход PD1 находится в высокоимпедансном состоянии. При переходе в режим Bluetooth-колонки на нём на некоторое время устанавливается низкий логический уровень, тем самым имитируя нажатие на кнопку сопряжения. Алгоритм работы выхода PD1 при необходимости можно скорректировать, внеся необходимые изменения в программу МК. Для установки уровня громкости в режиме Bluetooth-колонки, соизмеримого с уровнем громкости при прослушивании радиостанций, необходимо использовать подстроечный резистор R2.

Необходимо заметить, что применение металлического корпуса лампы 6А8 не позволит поместить в него Bluetooth-модуль из-за экранирования его антенны. Конечно, можно изготовить аналог корпуса лампы из радиопрозрачного материала, но существует возможность поместить конструкцию в цоколь и колбу стеклянной лампы. Тем более что лампа в таком исполнении изготавливалась за рубежом под обозначением 6A8G. Для изготовления такого корпуса необходимо использовать неисправную лампу, имеющую необходимые контактные штырьки. Стеклянная колба лампы приклеена к цоколю с помощью специальной мастики. Размягчить её можно, поместив лампу на длительное время в ацетон.

Рис. 12

Рис. 11

Чтобы он не испарялся, следует использовать ёмкость с герметично закрывающейся крышкой. Когда мастика размягчится, отделить колбу от цоколя можно будет с помощью вращательных движений, разрушающих проволочные выводы, которыми она соединена со штырьками цоколя.

После разделения цоколь и колбу с помощью ацетона необходимо очистить от остатков мастики. Далее в целях безопасности колбу необходимо обклеить малярным скотчем и сломать штенгель (запаянную стеклянную трубку, использованную для вакуумирования лампы на заводе). Затем, используя гравёр и насадки с алмазным покрытием, колбу обрезают со стороны выводов под необходимый размер по высоте и в её верхней части сверлят отверстие для резьбового вывода разъёма XP4.

На **рис. 11** показано такое устройство с установленным Bluetooth-модулем CA-6928 (плата синего цвета). Позднее стеклянная колба была покрашена изнутри чёрной краской за исключением небольшого участка напротив светодиода HL1. Кнопку SB1 для удобства можно перенести и закрепить на цоколе лампы, подключив её к плате посредством проводов. Закон-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ченная конструкция в стеклянном корпусе, установленная на шасси приёмника, показана на **рис. 12**.

В устройстве в основном использованы резисторы и конденсаторы для поверхностного монтажа типоразмера 0805. Тот же типоразмер имеют дроссели L1—L4. У дросселей L5 и L6 типоразмер 1210. Конденсаторы C2 и C3 — танталовые в корпусе типоразмера E. Транзисторы VT2, VT4, VT6 и VT7 — в корпусе SOT-23, транзисторы VT1, VT3 и стабилизатор DA1 — в корпусе SOT-89. Транзистор VT5 — в корпусе SOT143B, микросхема DD1 — в корпусе SOT353-1, МК DD2 — в корпусе TQFP-32, DSP-тюнер DD3 имеет только одно исполнение в корпусе SOP16. Кварцевый резонатор ZQ1 — в корпусе HC49S, резонатор ZQ2 — серии ZTB, кварцевый резонатор ZQ3 — часовой в корпусе DT-38. Подстроечные резисторы R2 и R19 — для поверхностного монтажа серии TC-42. Кнопка SB1 — KLS7-TS3606. Использование вышеперечисленных компонентов обусловлено небольшими размерами печатной платы для размещения внутри корпуса лампы 6A8.

Возможно, не все желающие повторить описываемую в статье конструкцию имеют возможность заказать изготовление предлагаемой печатной платы в специализированной организации. Изготовить её самостоятельно весьма затруднительно по причине наличия на плате большого числа миниатюрных металлизированных переходных отверстий. В этом случае можно разработать печатную плату самостоятельно и поместить её в колбе и цоколе от лампы большего размера, например 6П3С. Необходимо будет только дополнить её цоколь недостающими штырьками.

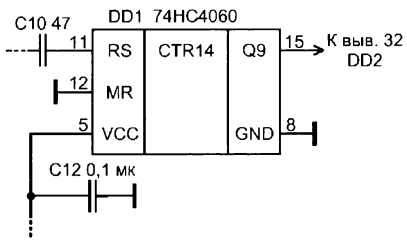


Рис. 13

В этом случае становится возможным использование электронных компонентов больших размеров. Так, например, можно применить резисторы, конденсаторы и транзисторы в выводных корпусах, танталовые конденсаторы C2 и C3 заменить обычными оксидными. Вместо малодоступного делителя DD1 74AHC1G4210 можно применить любой подходящий двоичный счётчик, например 74HC4060. Его включение необходимо выполнить по схеме, приведённой на **рис. 13**.

В заключение необходимо отметить, что в статье предложен способ сопряжения современных электронных узлов с внешними цепями ламповых приборов прошлого века. Это может быть использовано читателями для разработки самостоятельных конструкций.

В частности, можно разработать замену другим типам ламп, применяемых во входных каскадах супергетеродинных приёмников, например, широко используемому триоду-гептоду 6И1П и его зарубежным аналогам. Как правило, в приёмниках на его триодной части выполнен гетеродин, а на гептодной — преобразователь частоты. На такой лампе, например, построен входной каскад приёмника "Стрела". На **рис. 14** приведено УГО такой лампы. Она принадлежит к так называемой пальчиковой серии и имеет девять выводов на цоколе. На этом же рисунке приведено соответствие контактов разъёмов XP1 и XP4 конструкции (показаны в скобках) выводам (показаны вне скобок) указанной лампы.

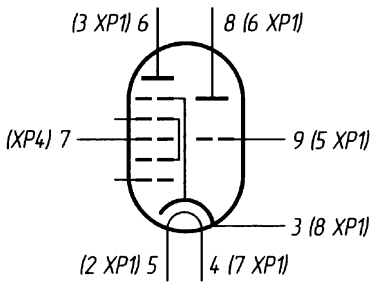


Рис. 14

Однако необходимо заметить, что из-за малого диаметра корпуса ламп пальчиковой серии конструкция, выполненная на приведённой в статье печатной плате, не может быть размещена в объёме оригинальной стеклянной колбы. В этом случае корпус, если есть такая необходимость, придётся изготовить самостоятельно любым из доступных способов либо разработать печатную плату меньших размеров.

Также одним из направлений использования изложенного в статье материала может стать разработка конструкторами внешнего модулятора для ламповых (и, возможно, транзисторных) приёмников, способного перестраиваться по частоте вслед за изменением их настройки по диапазону. Для этого необходимо разработать узел, представляющий собой небольшую рамочную антенну с усилителем и фильтром принимаемого сигнала. Если такую антенну расположить рядом с супергетеродинным приёмником, на выходе узла можно будет получить сигнал с частотой его гетеродина, и использовать её для подачи на вход внешнего прерывания INT0 МК. Применив в конструкции управляемый МК синтезатор частоты, можно получать сигналы с частотой больше (или меньше) частоты гетеродина на значение ПЧ приёмника. Этой частотой можно промодулировать выходной сигнал ЗЧ DSP-тюнера и подать его на антенный вход приёмника. Такая разработка позволит полноценно озвучать даже музейным экспонатам без изменения их конструкции.

Кроме того, при повторении устройства читатели могут использовать элементную базу на основе их собственных предпочтений. Можно применить МК другого производителя либо вообще отказаться от его использования, реализовав собственный способ преобразования частоты гетеродина в управляющее DSP-тюнером напряжение. Также можно применить другой тюнер, например, с цифровым интерфейсом (SPI или I^2C) и управлять им непосредственно МК без использования ЦАП.

ВНИМАНИЕ! В некоторых цепях конструкции присутствует высокое (анодное) напряжение, поэтому при налаживании необходимо соблюдать меры электробезопасности. При обработке стекла необходимо использовать респиратор, защитные перчатки и очки.

ЛИТЕРАТУРА

1. FETRON, Solid state vacuum tube replacement. — URL: **http://www.radionostalgia.ca/lib/Books/Tubes/Tech/FETRON_Solid_State_Vacuum_Tube_Replacement.pdf** (29.01.26).

2. ATmega8L. — URL: **https://datasheet4u.com/pdf-down/A/T/M/ATM-EGA-8.pdf** (29.01.26).

3. KT0936BM (B9). — URL: **http://takinx.dcnblog.jp/radio_kit_/files/KT0936m_b9_v2.2-english.pdf** (29.01.26).

От редакции. *Материалы проекта в среде KiCad 5.1.12, Gerber-файлы для изготовления платы, файлы для программирования микроконтроллера и справочные материалы некоторых элементов находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2026/03/lampa.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Опыт достижения пространственного восприятия музыки из полноразмерных головных телефонов

В статье предложен способ улучшения прослушивания музыкальных произведений через головные телефоны переводом штатных динамических головок на воспроизведение НЧ-диапазона и дополнительными СЧ/ВЧ-головками, смещёнными в пространстве относительно штатных. Эти меры, по мнению автора статьи, позволяют решить основную задачу — "вынести" значительную часть звуковой картины из головы слушателя к фронту её естественного восприятия.

А. ВАСИЛЬЕВ, г. Санкт-Петербург

Рассматриваемый ниже способ определяется очень важной темой физиологии восприятия звуков человеком. При естественном восприятии музыкального ансамбля от источников, находящихся на сцене или в студии звукозаписи, органы слуха передают звуковую информацию от источников в головной мозг, где формируется звуковая картина, расположенная (в восприятии) вне головы, с определённой её шириной и глубиной (этому способствует и визуальное восприятие источников). Это происходит благодаря разности фаз и амплитуд сигналов в органах слуха, обеспечивающих локализацию источников в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Современные системы звукозаписи обеспечивают наиболее полную и качественную запись звуков от всех источников ансамбля и рассчитаны, конечно, на воспроизведение от акустических систем, обеспечивающих наименее искажённое воспроизведение звучания всего ансамбля в пространстве прослушивания.

При прослушивании любой звукозаписи через головные телефоны музыкальный ансамбль пространственно локализуется в пределах головы слушателя (от уха до уха).

В одной из обзорных статей по предотвращению перегрузок чувствительных преобразователей ушей от звуков головных телефонов говорится [1]: "Традиционные наушники (даже самые качественные из них) не дают точной локализации звукового образа в пространстве перед слушателем (как делают хорошие стереофонические АС), а создают у него ощущение, что звуковой образ фокусируется внутри его головы. Это ощущение — неестественное (поскольку человек в реальной жизни с таковым не сталкивается) и необычное для людей, которые ещё не привыкли слушать музыку при помощи головных телефонов".

Такой неестественный для мозга режим (дополнительно к импульсным и прочим перегрузкам), кроме существенного пространственного искажения звуковой картины, несомненно, перегружает и мозг (с запоздалым чувством усталости). Дополнительные сведения об акустических основах звукозаписи и воспроизведения, о современных акустических системах и существующих искажениях можно узнать из литературы [2—6]. Основные технические характеристики современных миниатюрных динамических головок, позволяющих приблизить восприятие музыки к естественному в имеющихся головных телефонах по предлагаемому способу, представлены в справочной информации [7, 8].

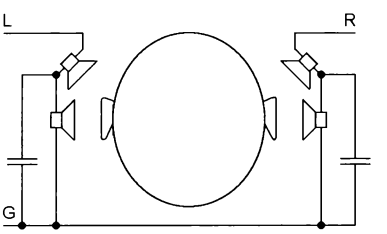


Рис. 1

Для понимания эффекта "приближения восприятия к естественному" надо представить знакомое всем прослушивание стереозвучания от АС — двух стереомониторов и одного сабвуфера, затем мысленно переместить стереомониторы с уменьшением размеров на место фронтальных динамических головок в головных телефонах, а сабвуфер с разделением на два на место штатных головок.

Способ "выноса из головы" прослушиваемого ансамбля был найден автором и успешно опробован ещё в 70-е годы посредством дополнительных динамических головок. Однако в тот период не было миниатюрных головок, да и обычных широкополосных был большой дефицит. Поэтому работа была возобновлена много позже, с появлением миниатюрных динамических головок размерами 20×40 мм и стереофонических головных телефонов серии ТДС.

В предлагаемой статье представлен опыт доработки головных телефонов премиум-класса от корпорации Hoco technology development. На эту доработку автор был вдохновлён успешным "доведением до ума" прежних телефонов ТДС-3. На них был опробован и наиболее простой способ решения основной задачи, который будет представлен ниже применительно к головным телефонам Hoco W35. Эта модель отличается, как выяснилось, подъёмом низких частот, высокой чувствительностью и малой массой. Эти и другие показатели (размеры и свойства амбушюра, сопротивление динамических головок) как раз соответствовали задуманному способу доработки. Он, как успешно опробованный в ТДС-3, иллюстрируется упрощённой схемой **рис. 1**. Основная штатная динамическая головка

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

переводится на воспроизведение низких частот, а дополнительная, имеющая границу нижних частот 200...300 Гц, работает в диапазоне частот, которые определяют акустическую локацию источников (посредством стереозаписи) и качество их звучания, кроме низкочастотных, — контрабас, часть ударных и пр. В книге [4, с. 23] отмечается важное частотно-амплитудное распределение естественной локализации источников звуков: "Локализация звуков на основании фазового бинаурального эффекта возможна только в отношении звуков невысоких частот (не свыше 1500 Гц, а вполне отчётливо даже только до 800 Гц). Для звуков высоких частот локализация совершается на основе различия громкостей, получающихся в одном и другом ухе". Отмечается также значение визуальных восприятий при локализации источников. Соответственно, эффект "выноса" звуковой картины из головы, обеспечиваемый дополнительными динамическими головками, усиливается при визуальном восприятии источников на каком-либо дисплее (мониторе). При визуальном отсутствии впереди источников прослушиваемой картины этот эффект будет восприниматься, конечно, недостаточно. Так что прослушивать звукозаписи, как это известно многим, лучше с закрытыми глазами.

Таким образом, дополнительные динамические головки, выдвинутые вперёд, как раз и обеспечивают, можно сказать, локализацию источников, приближённую к естественной, учитывая, что сигналы звукозаписи уже содержат фазовые и амплитудные различия, соответствующие системе записи исходной звуковой картины. Надо сразу отметить и то, что перенос СЧ- и ВЧ-частот на дополнительные головки приводит также к значительному уменьшению интермодуляционных искажений в штатных динамических головках. Здесь надо обратить внимание на некоторые сведения в книге [3]. На с. 28 автор приводит, например, такие сведения: "В более сложных и дорогих конструкциях применяют иногда двухполосную систему, т. е. две головки — одну для воспроизведения низких частот, другую — высоких. Головки располагают коаксиально. Для разделения частот используют LC-фильтры". Далее приводится чертёж головного телефона с коаксиальным расположением динамических головок (ближе к уху расположена ВЧ-головка меньшего диаметра).

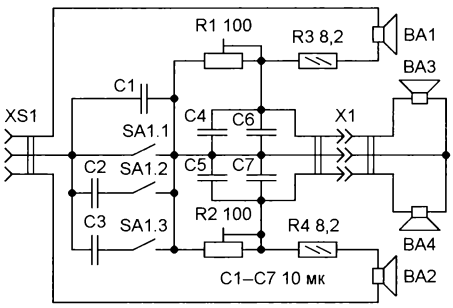


Рис. 2

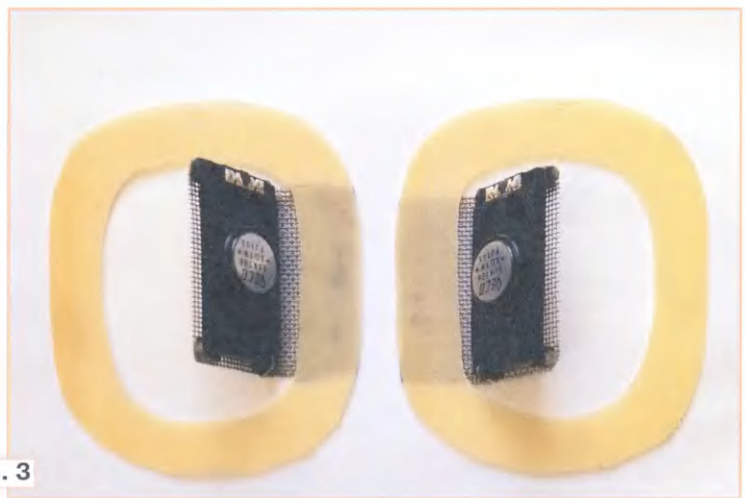


Рис. 3

По мнению автора, разделение частот по двум динамическим головкам на НЧ и СЧ+ВЧ в рассматриваемой конструкции надо считать более рациональным для решения указанной выше задачи. Кроме этого, такое разделение позволяет осуществить простую коррекцию уровня воспроизведения НЧ штатной динамической головкой, имеющей, как показало предварительное прослушивание указанной выше модели, излишний подъём на самых низких частотах. Думается, такой подъём НЧ характерен для большинства современных телефонов высокого класса, демонстрирующих именно это отличительное свойство, однако без возможности коррекции уровня. Некоторый избыток НЧ лучше, конечно, чем существенный недостаток, но он часто портит всё восприятие, т. е., несомненно, должна быть обеспечена коррекция, тем более, что общий завал НЧ осуществить намного проще, чем подъём.

Схема авторской доработки показана на **рис. 2**. Резисторы R1, R2 корректируют уровень НЧ-звучания основных динамических головок BA3, BA4 относительно общего звучания дополнительных BA1, BA2. Основная коррекция НЧ осуществляется переключателем SA1. При этом частоты среза фильтров НЧ, определяемые сопротивлениями головок и ёмкостями конденсаторов C4—C7, устанавливаются резисторами R1, R2 примерно одинаковыми. Они соответствуют нижней частоте динамических головок BA1, BA2 и при указанных на схеме номиналах изменяются примерно от 200 до 500 Гц. В отношении использованных конденсаторов надо сказать, что хотя заявленный производителем разброс ёмкости ±20 %, в действительности он оказался более 30 %. Поэтому ёмкость конденсаторов необходимо проверить.

Указанная выше модель телефонов позволяет осуществить доработку достаточно просто и, главное, без разборки. Последовательность соответствующих операций была следующей. Дополнительные динамические головки 40КТ08 [8], закрепляют на металлической сетке с ячейкой 0,5...1 мм размерами 40×40 мм через резиновые прокладки толщиной 2...2,5 мм по углам скобками из медного провода ПЭВ диаметром 0,3 мм. Наиболее компактные динамические головки 35KN08-1 мощностью 1 Вт, думается, нежелательно использовать ввиду меньшего запаса по импульсной мощности и по значению КНИ. Далее эти сетки с головками, предварительно согнутые под углом примерно 45°, приклеивают клеем 88Н к дополнительным прокладкам для амбушюра, вырезанным из тонкого гибкого пластика толщиной 0,3...0,5 мм (**рис. 3**). К этим прокладкам приклеивают защитные сетки из тонкой прочной ткани, предохраняющие внутреннюю полость телефонов от различного мусора, и в завершение — кольцевые прокладки из мягкого материала толщиной 2...3 мм. К динамическим головкам припаивают сигнальные жилы тонкого телефонного кабеля 2×0,12 мм^2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

или одиночные провода сечением 0,2 мм^2, длина которых определяется расположением планки коммутации и коррекции (ПКК), содержащей элементы R1—R4, C1—C7, SA1. Прокладки с динамическими головками устанавливают в амбушюры и в этом состоянии производят их обмер для изготовления чехлов, чтобы удерживать прокладки с головками с плотным прижатием к штатным амбушюрам. Чехлы шьют из тонкой прочной ткани, допускающей многократную чистку. Для этого в нижней кромке чехлов обеспечивается стяжка их тонким шнурком, прочно удерживающим чехол с прокладками. Общий вид

Рис. 4

головных телефонов с чехлами, подготовленных к завершающим операциям сборки, показан на **рис. 4**.

В качестве корпуса ПКК удачно подошёл отрезок кабель-канала сечением 12×12 мм. Общий вид платы показан на **рис. 5**. ПКК лучше закрепить на чашке правого телефона с помощью двусторонней липкой ленты. Общий вид крепления показан на **рис. 6**. Для телефонов, которые не удовлетворяют пользователей лишь превышением НЧ, может быть быстро изготовлен шнур-переходник с корректором НЧ в общем проводе, по приведённой выше схеме и в таком же конструктивном исполнении, как

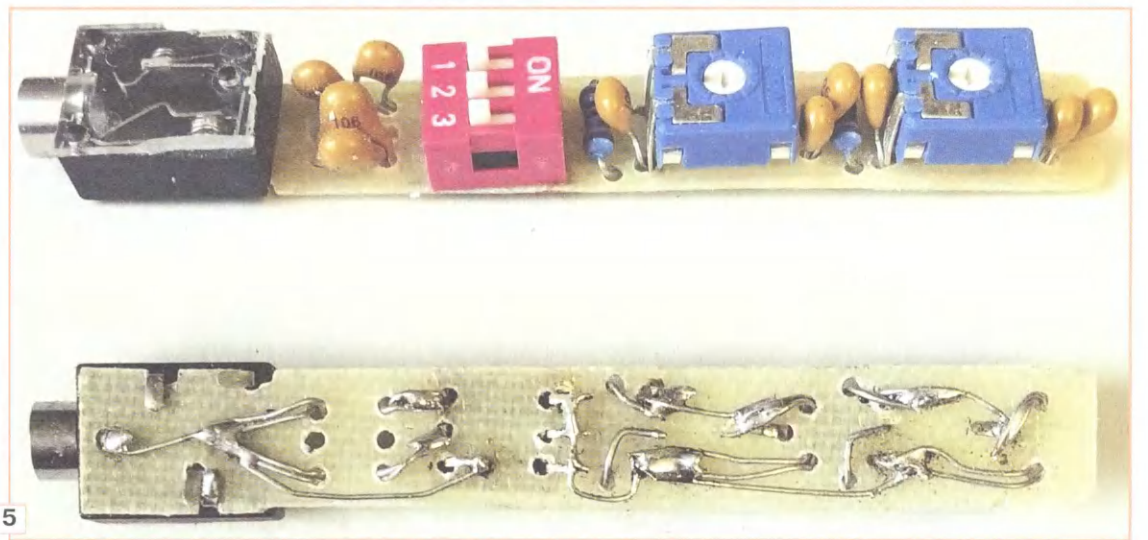


Рис. 5

Рис. 6

Рис. 7

планка ПКК. Образец такого переходника показан на **рис. 7**.

Тестирование доработанных головных телефонов рекомендуется выполнять посредством маломощных АС с высококачественным усилителем и полосой 20...20000 Гц. Но перед прослушиванием любимых аудиозаписей рекомендуется проверить АЧХ исходных и доработанных телефонов с помощью очень удобного приложения для смартфона — "генератора частоты". Перед проверкой с планкой ПКК движки резисторов R1, R2 надо установить в крайнее правое по схеме положение. Указанная выше исходная модель была проверена этим генератором ещё перед доработкой, и в её АЧХ не было обнаружено каких-либо сильно выраженных подъёмов частот, имелся лишь заметный подъём в диапазоне 650...800 Гц. В то же время было обнаружено уже возрастное ограничение слышимости частотой примерно 10 кГц, но, возможно, оно связано и с характеристикой самого излучателя. Об этом ограничении восприятия ВЧ полезно знать всем, кто тестирует головные телефоны. Проверка доработанных двухполосных головных телефонов показала ровную (на слух) АЧХ по сравнению с исходным вариантом, подъёмов на резонансных частотах головок не было, прежний подъём на частотах 650...800 Гц стал незначительным (штатная головка на них существенно подавлена). Предварительное прослушивание музыкальных MP3-файлов (с битрейтом 192...320 кбит/с) сразу же утвердило найденное решение по звуковой "разгрузке мозга" и показало достаточное снижение чрезмерно поднятых басов корректором ПКК.

Рис. 8

Окончательное тестирование головных телефонов проводилось воспроизведением широко известных звукозаписей, наиболее богатых низкими и высокими частотами. Это, прежде всего, Infinity Ocean (eRa, 1999 г.), с битрейтом 320 кбит/с, альбомы eRa, далее — альбомы J. Last and R. Clayderman, R. Clayderman and F. Goya в форматах FLAC, APE и широко известной D. Krall. Первую запись можно считать основной для тестирования всех головных телефонов. Ввиду высокой чувствительности динамических головок прослушивание указанных записей даже непосредственно с мобильного телефона (Redmi-10), благодаря приложению foobar2000, показало отличное восприятие всех записей ("вне головы" при комфортном восприятии НЧ-звуков) в слышимом ещё ушами и достаточном диапазоне частот с запасом громкости. Кстати, воспроизведение через указанный проигрыватель не включает автоматическое ограничение громкости в головных телефонах. В процессе тестирования не пришлось подстраивать (уменьшать) уровень НЧ резисторами R1, R2, и ёмкости конденсаторов C1—C3 оказались достаточными для коррекции НЧ, особенно для первой тестовой записи. Надо заметить, однако, что резисторы должны иметь больший запас сопротивления (на схеме указано наименьшее значение), и для пайки конденсаторов надо иметь запасное место, поскольку, как было отмечено выше, их реальная ёмкость может быть существенно меньше номинала. Поскольку имеется возможность быстрого переключения от исходного варианта к двухполосному и обратно, то сравнение их при экспертном прослушивании существенно облегчается (дополнительные динамические головки не вносят заметные искажения).

В заключение статьи надо представить конструктивное дополнение, которое обеспечивает снижение и регулировку прижима телефонов к ушам (штатная регулировка часто бывает недостаточной, как и в указанной модели). Комфортный прижим и малая масса телефонов способствуют естественному восприятию звукозаписей. Разгрузочная планка, в авторском опыте изготовленная из алюминиевого сплава, может быть сделана из любого жёсткого материала. В качестве тяг могут быть использованы капроновые ремешки с выплавленными отверстиями под миниатюрный крючок (**рис. 8**) или просто капроновая нить необходимой длины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спасаем ваши уши! — URL: **https://hi-tech.mail.ru/review/13102-spasaem_vashi_ushi_avreport** (13.01.26).

2. **Ковалгин Ю. А., Борисенко А. В., Гензель Г. С.** Акустические основы стереофонии. — М.: Связь, 1978.

3. **Скляров В. Е.** Стереофонические наушники и их применение. Массовая радиобиблиотека. Выпуск 1267. — М.: Радио и связь, 2004.

4. **Бунькова А. Д., Мещеряков С. Н.** Студийная звукозапись и основы звукорежиссуры: монография / А. Д. Бунькова, С. Н. Мещеряков; ФГБОУ ВПО "Уральский государственный педагогический университет". — Екатеринбург, 2014.

5. **Ковалгин Ю. А., Вологдин Э. И., Кацнельсон Л. С.** Стереофоническое радиовещание и звукозапись. Учебное пособие для вузов. Под ред. проф. Ю. А. Ковалгина. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007.

6. Электроакустика и звуковое вещание. Учебное пособие для вузов / И. А. Алдошина, Э. И. Вологдин, А. П. Ефимов, Г. П. Катунин, Л. Н. Кацнельсон, Ю. А. Ковалгин, А. А. Фадеев. Под ред. Ю. А. Ковалгина. — М.: Горячая линия — Телеком, Радио и связь, 2007.

7. Акустические компоненты. Динамики. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/062/DOC000062017.pdf** (05.12.25).

8. Динамик 40КТ08. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/500/DOC016500945.pdf** (05.12.25).

От редакции. Мы приглашаем авторов поделиться с читателями на страницах журнала своими разработками по улучшению воспроизведения музыкальных произведений через головные телефоны.

Маломощный ИБП на модуле LX-LCBST

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Некоторые радиоэлектронные устройства требуют постоянного питания. Для обеспечения этого используют источники бесперебойного питания (ИБП) или UPS — Uninterruptible Power Supply. ИБП с различными параметрами можно приобрести в Интернете, но и изготовить самостоятельно, особенно для маломощной или нерегулярной нагрузки. Для этого потребуется так называемый модуль зарядки/разрядки и Li-Ion аккумулятор, которые можно недорого приобрести в Интернете.

Но подойдут не все такие модули. В частности, собранные на микросхемах серии ETA9742. В большинстве случаев они имеют общие клеммы входа и выхода. При подаче на них внешнего напряжения 5 В осуществляется зарядка аккумулятора. При отключении внешнего напряжения

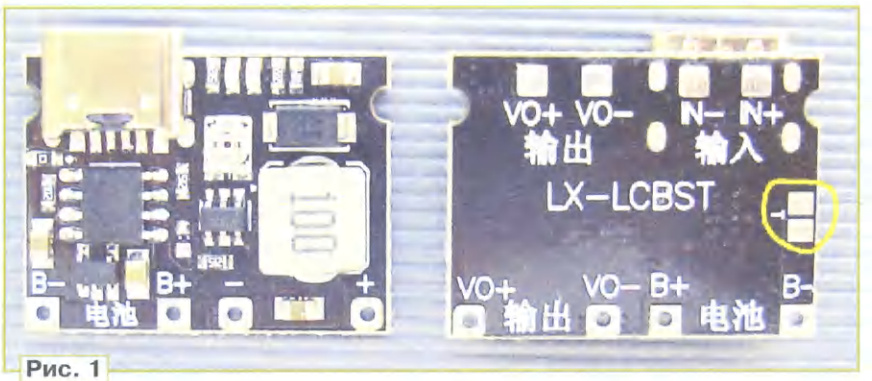


Рис. 1

на этих клеммах появляется напряжение 5 В с выхода повышающего преобразователя напряжения. Но использование такого модуля в составе ИБП может оказаться неприемлемым, поскольку интервал между пропаданием внешнего напряжения и появлением напряжения преобразователя может составлять доли секунды.

Аналогично работают и модули зарядки/разрядки на микросхемах серии IP5306. Обусловлено это тем, что контроллер зарядки и повышающий преобразователь напряжения выполнены на одной микросхеме. Кроме того, при токе нагрузки менее 50 мА преобразователь отключается и переходит в состояние сна. Поэтому ИБП на основе этих микросхем подойдут не для всех устройств, а вот для осветительных устройств их применение вполне оправдано. Кроме того, выходное напряжение преобразователя — 5 В, что также подходит не для всей аппаратуры.

Для реализации ИБП для маломощной или нерегулярной нагрузки с напряжением питания 5 В более удобно использовать модуль LX-LCBST (**рис. 1**) [1]. Во-первых, у него узел зарядки и повышающий преобразователь напряжения работают независимо друг от друга, во-вторых, выходное напряжение преобразователя — регулируемое, его значение можно установить в интервале 4,2...28 В с помощью подстроечного резистора. Подробное описание этого модуля приведено в [2, 3].

Основные технические характеристики

Входное постоянное напряжение, В ..... 4,2...6,5
Максимальная выходная мощность, Вт 5
Потребляемый от аккумулятора ток без нагрузки, мА 0,2
Максимальный ток зарядки аккумулятора, А 1
Габаритные размеры (измерено), мм ..... 23,5×19,5×4,5

Модуль имеет защиту от перезарядки (пороговое напряжение — 4,2 В), от глубокой разрядки (пороговое напряжение — 2,5 В). Он снабжён разъёмом USB-C для подключения внешнего источника напряжения и двумя индикаторными светодиодами. Для подключения внешнего источника питания, аккумулятора и нагрузки на плате модуля расположены маркированные контактные площадки.

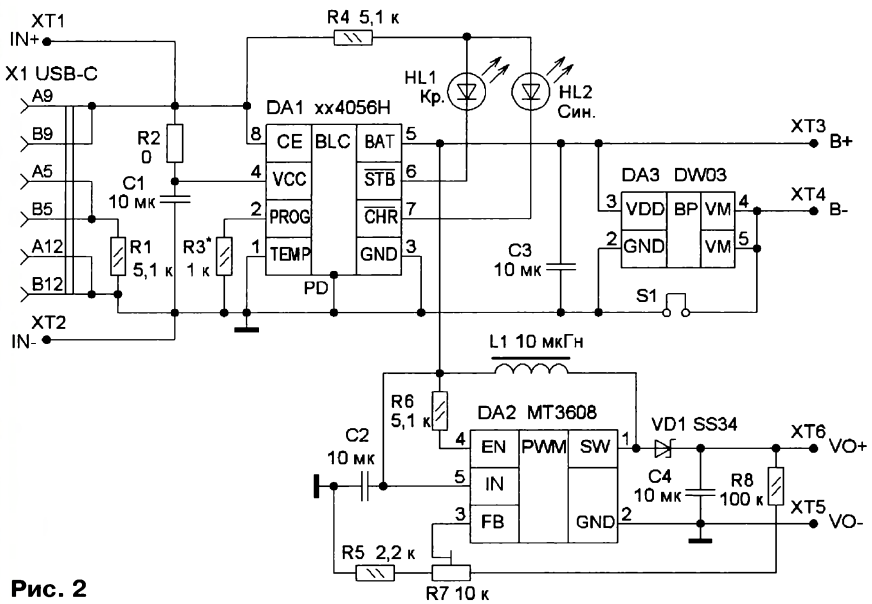


Рис. 2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

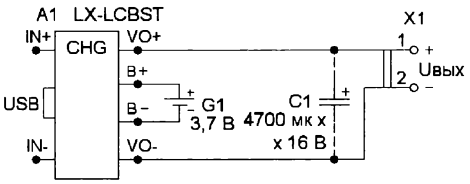
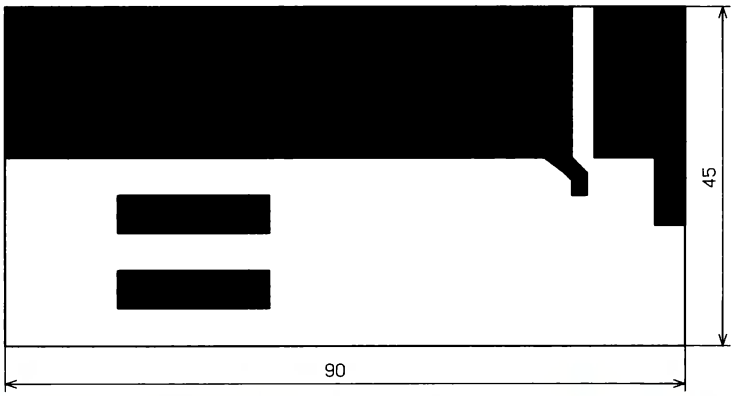


Рис. 3



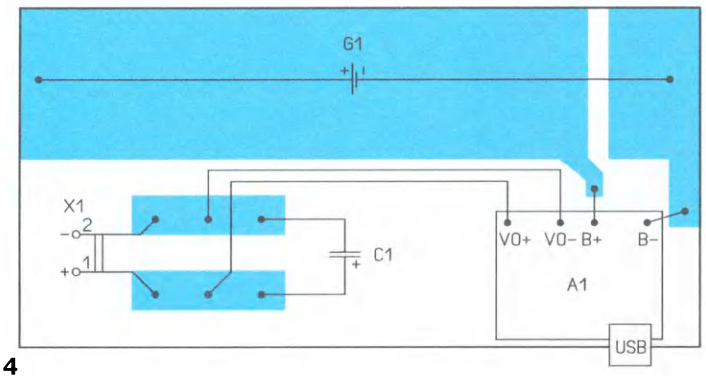


Рис. 4

Схема модуля показана на **рис. 2**. Маркировки элементов на плате нет, поэтому нумерация "своя". Внешнее напряжение подают на разъём X1 или контакты XT1, XT2. Контроллер зарядки собран на микросхеме DA1, ток зарядки задаёт резистор R3. Светодиоды HL1 (красного свечения), HL2 (синего свечения) служат для индикации процесса зарядки и её окончания соответственно. На микросхеме DA2 (MT3608 или аналог) собран повышающий преобразователь напряжения, регулировка выходного напряжения осуществляется подстроечным резистором R7. Микросхема DA3 (DW03 или аналог) служит для защиты аккумулятора от глубокой разрядки. Если аккумулятор имеет встроенный узел защиты, микросхему DA3 деактивируют с помощью перемычки S1 (отрезок лужёного провода). Для её установки с помощью пайки на плате имеются две контактные площадки (обведены на рис. 1).

Рис. 5

Схема ИБП на основе модуля LX-LCBST очень проста (**рис. 3**) и не требует особых комментариев. В зависимости от мощности, потребляемой нагрузкой, а также необходимой продолжительности автономной работы в этом ИБП можно применить Li-Ion аккумуляторы различной ёмкости. В данном случае надо будет установить резистор R3 (см. рис. 2) соответствующего сопротивления [4]. Если потребляемый нагрузкой ток имеет пусковую составляющую (электромотор), на выходе ИБП рекомендуется установить конденсатор C1 большой ёмкости (см. рис. 3). Подавать внешнее напряжение можно на разъём X1, используя зарядное устройство сотового телефона, или на контакты IN+ и IN–.

Когда после отсутствия внешнего напряжения оно появится вновь, начнётся зарядка аккумулятора, и одновременно преобразователь напряжения будет питаться от микросхемы DA1 (см. рис. 2). Поэтому ток зарядки будет меньше на значение тока, потребляемого нагрузкой. Кроме того, при мощности, потребляемой нагрузкой более 2...3 Вт, модуль заметно разогревается, поэтому её превышать не следует.

Конструкция ИБП — произвольная, её элементы можно разместить в разных местах корпуса питаемого устройства. Один из простых вариантов — установить (приклеить) все элементы на пластину из изоляционного материала, применив проводной монтаж, соответствующий держатель аккумулятора, а для подключения нагрузки и внешнего напряжения — любые подходящие разъёмы, например клеммники. Можно использовать и одностороннюю печатную плату (**рис. 4**) толщиной 1,5...2 мм. Часть деталей приклеивают, другую часть припаивают (**рис. 5**).

ЛИТЕРАТУРА

1. Зарядное устройство DIYTZT для аккумуляторов 18650. — URL: **https://clck.ru/3QLZtZ** (20.11.25).
2. Модуль LX-LCBST зарядки li-ion аккумуляторов со step-up dc-dc преобразователем. Часть 1. — URL: **https://clck.ru/3QLZum** (20.11.25).
3. Модуль LX-LCBST зарядки li-ion аккумуляторов со step-up dc-dc преобразователем. Часть 2. — URL: **https://clck.ru/3QLZvi** (20.11.25).
4. TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8. — URL: **https://clck.ru/3QBRKT** (06.11.25).

От редакции. *Чертёж печатной платы находится по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2026/03/ups.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Опыт восстановления никель-кадмиевой аккумуляторной батареи

А. ШУМИЛОВ, г. Архангельск

Недавно один из знакомых попросил "посмотреть" и, по возможности, отремонтировать фонарь железнодорожного обходчика, предположительно марки "Искра", ориентировочно 1956 г. выпуска. Внешний вид фонаря показан на **рис. 1**, **рис. 2**.

Поскольку этот фонарь в течение длительного времени хранился в неотапливаемом гараже, возникали некоторые сомнения в возможности восстановления и подзарядки его "родной" аккумуляторной батареи.

Для вскрытия корпуса такого фонаря требуется отвинтить против часовой стрелки крепёжную ребристую гайку, показанную на рис. 2, а затем немного приподнять вверх часть верхней крышки над этой гайкой с помощью плоской (шлицевой) отвёртки, сдвигая верхнюю крышку в сторону отражателя с лампой и выводя эту крышку из зацепов спереди. Винт на верхней крышке фонаря можно не трогать, он только фиксирует пробку резинового уплотнителя, который исключает перемещение аккумуляторной батареи при переноске фонаря.

Рис. 3

Рис. 1

Рис. 2

После снятия верхней крышки внутри фонаря обнаружились наросты солевых отложений на поверхности батареи (**рис. 3**). Эти наросты были убраны с помощью небольшого молотка и отрезка твёрдого пластика, используемого в качестве стамески. Окончательно аккумуляторная батарея и внутренняя часть корпуса фонаря были очи-

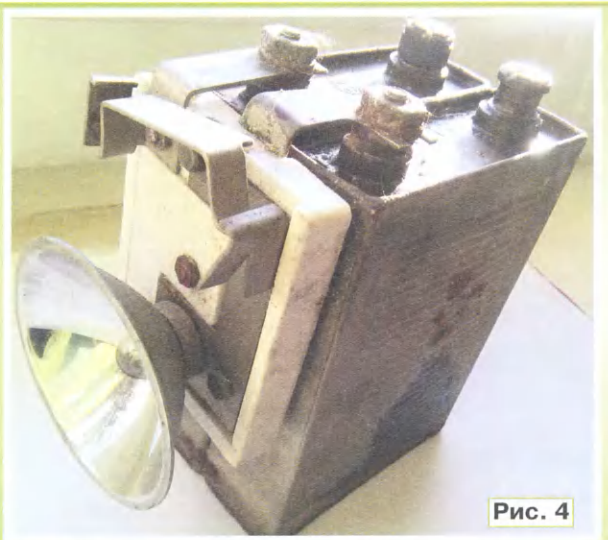


Рис. 4

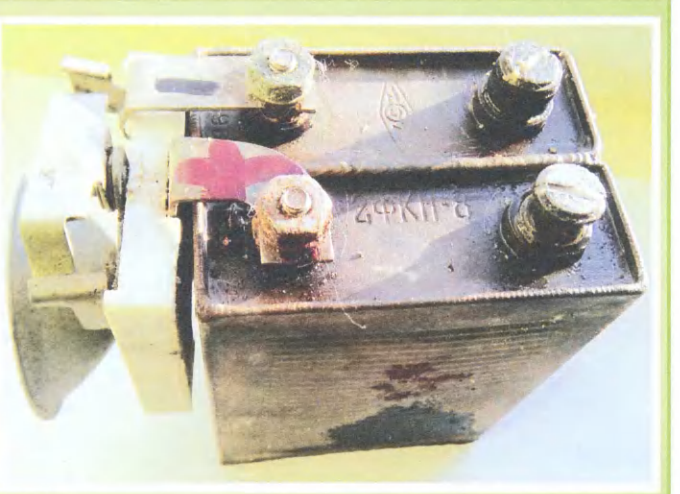


Рис. 5

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

щены с помощью влажной тряпки, а затем вытерты насухо. Внешний вид фонаря без корпуса показан на **рис. 4**, **рис. 5**. Сама батарея фонаря, естественно, была разряжена "в ноль". Аккумуляторная батарея оказалась марки 2ФКН-8 (паспортное напряжение — 2,5 В, паспортная ёмкость — 8 А·ч). Поскольку к винтовым клеммам этой батареи крепятся отражатель с лампой и выключатель питания, то замена такой аккумуляторной батареи современной аналогичных (или близких к ней) габаритов с выходным напряжением 4...6 В не представлялась слишком лёгкой, так как для такой замены пришлось бы производить отдельный крепёж отражателя с лампой и выключателя питания к корпусу фонаря с обязательной надёжной изоляцией выключателя питания от корпуса фонаря (или с заменой такого выключателя), а также жёстко крепить к корпусу

Рис. 6

Рис. 7

Рис. 8

фонаря вновь устанавливаемую батарею. Поэтому, с целью исключения такой масштабной переделки фонаря, была сделана попытка восстановить и подзарядить старую "родную" аккумуляторную батарею.

Вначале в течение пяти часов батарея восстанавливалась с помощью самодельного зарядно-восстановительного устройства [1], зарядный ток был установлен на уровне 75 мА. После этого была включена лампа фонаря, она светила 24 мин. Как было указано в статье [2], на выходе такого зарядно-восстановительного устройства получается "фигурная" форма зарядного тока. В результате происходит "встряхивание" ионного движения в аккумуляторе, что благоприятно сказывается на процессе его регенерации. Регенерация аккумуляторной батареи, на первый взгляд, получилась, поскольку её остаточное напряжение на холостом ходу оказалось равно 2,3 В.

Рис. 9

На следующее утро на два часа к батарее опять было подключено зарядно-восстановительное устройство [1]. Далее в течение последующих четырёх часов аккумуляторная батарея заряжалась током 550 мА от самодельного регулируемого блока питания с защитой от короткого замыкания и перегрузок [3]. В процессе зарядки постоянно контролировались зарядный ток и температура батареи. После такой зарядки она "отдыхала" в течение четырёх часов, затем была включена лампа фонаря. Лампа непрерывно светила в течение трёх часов, однако далее фонарь пришлось выключить, поскольку уже наступило ночное время, но лампа явно ещё продолжала бы светить, поскольку напряжение на батарее под нагрузкой было не ниже 2 В. Таким образом, удалось успешно восстановить аккумуляторную батарею 2ФКН-8.

Особенность фонаря — средняя точка аккумуляторной батареи при установке её в корпус гальванически соединяется с самим металлическим корпусом фонаря.

Теперь встала задача выбора зарядного устройства для периодической подзарядки аккумуляторной батареи фонаря. Поскольку максимальный ток, который может выдать зарядное устройство, как правило, должен быть не менее трёхкратного номинального зарядного тока подключаемого аккумулятора, требовалось зарядное устройство с выходным током не менее 2,5 А. Готового или подлежащего несложной переделке зарядного устройства (блока питания) с выходным напряжением 3...5 В и током не менее 2,5 А на тот момент в наличии не оказалось, а завершить ремонт и доработку этого фонаря хотелось в кратчайший срок. Однако, поскольку на тот момент в интернет-магазине довольно дёшево продавался импульсный регулируемый блок питания (выходное регулируемое напряжение 3...12 В, максимальный ток 3 А) с цифровым дисплеем и с заявленной защитой от перегрузки на выходе, то выбор пал на покупку такого блока питания, чтобы использовать его в качестве зарядного устройства для аккумулятора.

Поскольку выходной штыревой штекер этого блока питания был размерами 5,5×2,1 мм, а

Рис. 10

гнездо таких размеров было в наличии только под пайку на печатную плату, и крепить такое гнездо внутри металлического корпуса фонаря было бы весьма затруднительно, то в верхней крышке фонаря было просверлено отверстие диаметром 15 мм под установку имеющегося в наличии гнезда СГ-5, выводы которого были соединены многожильными проводами с клеммами аккумулятора. Для подключения купленного блока питания, используемого в качестве зарядного устройства, к аккумуляторной батарее фонаря был сделан переходник, состоящий из гнезда размерами 5,5×2,1 мм и штекера СШ-5. К этому гнезду были припаяны разноцветные соединительные провода, места пайки изолированы с помощью липкой ленты, а затем на это гнездо была надета термоусаживаемая трубка. Внешний вид используемого переходника показан на **рис. 6**.

Внешний вид фонаря с восстановленной аккумуляторной батареей показан на **рис. 7**, **рис. 8**.

Если есть возможность, то вместо показанного на рис. 6 переходника желательно использовать гнездо в пластиковом корпусе с крепежом гайкой (**рис. 9**) под "родной" штекер используемого блока питания, которое следует установить на верхней крышке фонаря на место гнезда (см. рис. 8). При установке на дисплее используемого блока питания минимального выходного напряжения 3,15 В зарядный ток аккумуляторной батареи фонаря составил 700...750 мА. Внешний вид заряжаемого фонаря показан на **рис. 10**.

Так с минимальными затратами удалось восстановить раритетный фонарь без замены батареи и продлить его "жизнь". Естественно, дальнейшим шагом является добавление (или замена) электролита аккумулятора. Но это уже совсем другая история...

ЛИТЕРАТУРА

1. **Шумилов А.** Вариант зарядно-восстановительного устройства или вторая "жизнь" аккумуляторов. — Радио, 2023, № 1, с. 27—30.

2. **Богомолов Б.** Вторая "жизнь" гальванических элементов. — Радио, 1991, № 5, с. 64—67.

3. **Шумилов А.** Вариант стабилизатора с двойной защитой. — Радио, 2022, № 8, с. 33—35.

Стабилизатор напряжения для бортовой аппаратуры с выключателем на датчике Холла

А. ЯКОВЛЕВ, г. Ижевск, Удмуртия

Предлагаемый стабилизатор напряжения предназначен для питания бортовой аппаратуры спортивных радиоуправляемых моделей и имеет очень малую минимальную разницу между входным и выходным напряжением под нагрузкой. Выпускаемые промышленностью линейные классические стабилизаторы, например L7806CV, имеют минимально допустимую разницу напряжений между входом и выходом 2 В при токе 1 А. Кроме этого, при снижении входного напряжения ниже напряжения стабилизации происходит отключение выходного напряжения. Существуют синхронные понижающие (step-down) импульсные стабилизаторы напряжения, например JW5068A. На их основе производятся модули стабилизаторов напряжения под названием mini560. Заявленные характеристики: ток — до 5 А, высокий КПД, малая разница напряжений между входом и выходом, небольшие размеры, защита от КЗ, при снижении входного напряжения меньше напряжения стабилизации выходное напряжение не пропадает, а остаётся немногим меньше входного.

Но тщательное тестирование стабилизатора mini560 с нагрузкой в виде четырёх модельных сервоприводов MG90S выявило огромный недостаток — периодическое неконтролируемое срабатывание защиты от короткого замыкания с отключением выходного напряжения. Работа модуля восстанавливается только после отключения входного напряжения и повторной его подачи. Различные недостатки были выявлены и у других подобных стабилизаторов. Неустранимый недостаток импульсных стабилизаторов — существенные импульсные помехи в выходном напряжении, что может негативно сказаться на чувствительных модельных радиоприёмниках. Этого недостатка лишены линейные стабилизаторы.

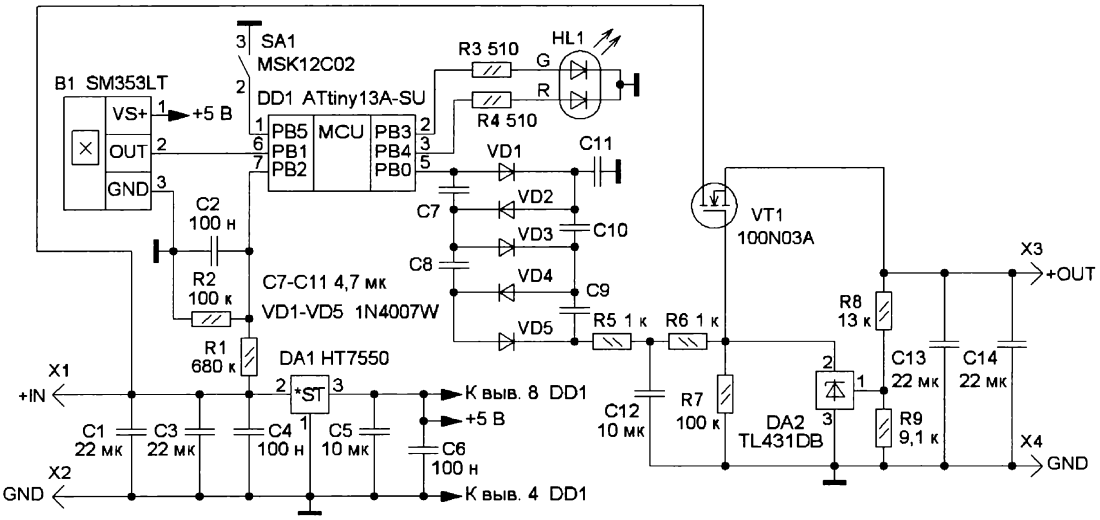


Рис. 1

В [1] приведена схема линейного стабилизатора с малым минимальным падением напряжения. На её основе разработан и изготовлен стабилизатор с выключателем на датчике Холла и светодиодной индикацией входного напряжения, его схема представлена на **рис. 1**. Устройство питается от двух последовательно соединённых Li-Po или Li-Fe аккумуляторов, подключённых к разъёмам X1 и X2. В качестве стабилизатора напряжения питания микроконтроллера (МК) применён экономичный стабилизатор напряжения DA1 (HT7550) с выходным напряжением 5 В. Переключателем SA1 выбирают тип применённой аккумуляторной батареи для корректной индикации её напряжения. При разомкнутых контактах переключателя SA1 считается, что устройство питается от Li-Po батареи, при замкнутых контактах считается, что подключён Li-Fe

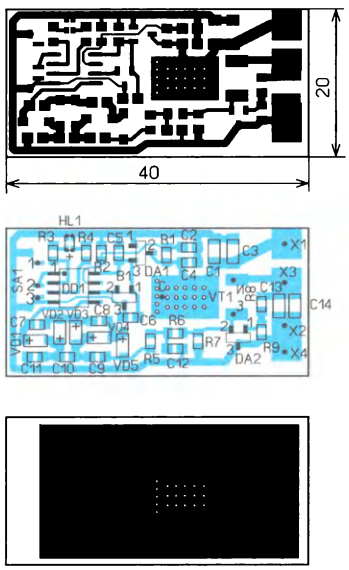
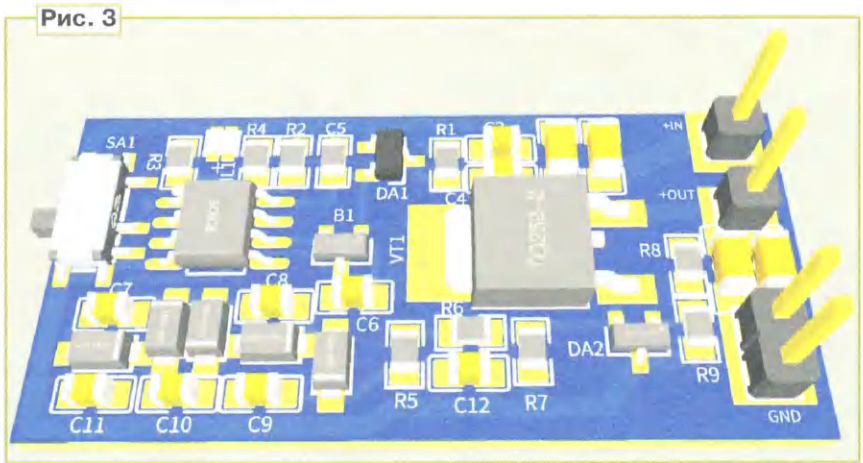


Рис. 2



аккумулятор. Микроконтроллер DD1 постоянно измеряет напряжение через резистивный делитель R1R2 и индицирует состояние батареи с помощью светодиодной сборки HL1. Зелёный цвет свечения означает нормальный заряд аккумулятора, жёлтый — требуется его зарядка, красный — необходимо прекратить эксплуатацию и зарядить батарею.

На элементах C7—C11, VD1—VD5 собран умножитель напряжения [2]. Чтобы полевой транзистор VT1 работал, необходимо, чтобы напряжение на затворе превышало напряжение на истоке на несколько вольт. МК DD1 подаёт на вход умножителя меандр частотой 27 кГц. Элементы C12, R5, R6 образуют сглаживающий фильтр. Резистор R7 обеспечивает закрывание транзистора VT1 при выключении устройства. Элементы DA2, R8, R9 обеспечивают управление полевым транзистором и поддержание выходного напряжения 6 В. Включение и выключение выходного напряжения производится поднесением и удержанием не менее 3 с над датчиком Холла B1 малогабаритного магнита. Приближение магнита индицируется прерывистым миганием одного из светодиодов HL1 в зависимости от того, будет ли выходное напряжение включено или выключено. В выключенном состоянии устройство потребляет ток около 15 мкА, что позволяет держать устройство готовым к работе длительное время без риска разрядить аккумуляторную батарею. С установленным теплоотводом (алюминиевой пластиной) выходной ток может достигать 3 А.

Все элементы смонтированы на печатной плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, чертёж которой показан на **рис. 2**. Применены резисторы типоразмера 0805, причём резисторы R1, R2, R8, R9 должны быть с допуском не более 1 %, переключатель SA1 — движковый MSK12C02, конденсаторы C1, C3, C13, C14 — керамические типоразмера 1206, конденсаторы C2, C4, C5—C12 —

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

керамические типоразмера 0805 на напряжение не менее 16 В, датчик Холла B1 — SM353LT, светодиод HL1 — KPTB-1615SURKCGKC. Правильно собранное устройство в налаживании не нуждается.

Сборку устройства и изготовление печатной платы можно производить по методике, приведённой в [2]. Элементы для поверхностного монтажа удобно устанавливать на паяльную пасту RL-400 с помощью монтажного фена. Выключатель SA1 устанавливают в самую последнюю очередь, аккуратно припаивая выводы паяльником. На обратной стороне платы на термопасту КПТ-8 или аналогичную необходимо установить теплоотвод — алюминиевую пластину толщиной 3 мм по размерам платы.

Печатную плату можно изготовить на заказ [2], например на Aliexpress, в этом случае надо предусмотреть металлизацию отверстий. При самостоятельном изготовлении платы в отверстия вставляют отрезки медной проволоки и пропаивают их с обеих сторон. Изготовленная плата установлена в авиамодель, на **рис. 3** показан чертёж макета смонтированной платы. На **рис. 4** приведены биты конфигурации для программирования МК. Необходимо учитывать, что при этом вывод PB5/Reset переводится в режим порта ввода-вывода, что приведёт к отключению последовательного программирования. Повторная прошивка МК будет возможна только с применением высоковольтного программатора "Тритон" или аналогичного.

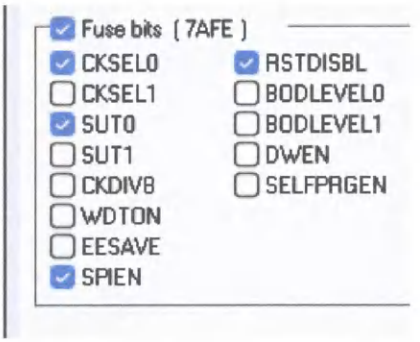


Рис. 4

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Стабилизатор с малым минимальным падением напряжения. — Радио, 2009, № 8, с. 20, 21.

2. **Яковлев А.** Устройство запуска микродвигателей с калильными свечами. — Радио, 2026, № 2, с. 47—49.

От редакции. *Файлы для программирования микроконтроллера, файлы для изготовления печатной платы находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2026/03/stab.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Синтезатор частоты 1 Гц...1 ГГц на микроконтроллере PIC18F252-I/SP и модуле Si5351A (v.3.0)

В. ТУРЧАНИНОВ, г. Севастополь, Крым

Синтезатор имеет два режима работы.

Режим генераторов:

— синтезатор частоты VHF1 с функцией sweep;

— синтезатор частоты VHF2 с выходным делителем частоты 10, 100, 1000 или 10000;

— синтезатор частоты UHF1 с функцией sweep;

— синтезатор частоты UHF2 с функцией sweep;

— тестовый режим;

— генератор одиночного импульса (таймер);

— два генератора пакета импульсов;

— генератор ШИМ;

— генератор псевдослучайных чисел.

Измерение параметров цифрового сигнала:

— измерение частоты периодического сигнала;

— измерение длительности импульсов высокого и низкого логического уровня;

— счёт импульсов.

Основные технические характеристики

Основные функции

Синтезатор частоты имеет пять выходов и один вход.

Выход VHF1 имеет независимую установку частоты в пределах 10 кГц...250 МГц. Также выход VHF1 имеет возможность перестройки частоты (sweep) в диапазоне частот:

— 10...250 МГц с дискретностью 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц;

— 1...9,99999 МГц с дискретностью 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц;

— 100...999,999 кГц с дискретностью 1 Гц, 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц;

— 10...99,9999 кГц с дискретностью 0,1 Гц, 1 Гц, 10 Гц, 100 Гц.

Установка частоты на каждом выходе модуля синтезатора с ошибкой 0 ppm.

Малый джиттер выходного сигнала, типовое значение < 70 пс.

Изменение частоты без выбросов на выходе.

Амплитуда напряжения на выходе — 3,2 В.

Нестабильность частоты в интервале температуры 15...25 °С — $2 \cdot 10^{-7}$.

Режим sweep имеет 100 шагов перестройки и две скорости перестройки — 1 с на шаг (медленная, для исследования узкополосных цепей), 10 мс на шаг (быстрая, для исследования обычных цепей).

Выход VHF2 имеет независимую установку частоты в пределах 10 кГц...250 МГц.

Частота на выходе OUT/D равна частоте выхода VHF2, делённой на 10, 100, 1000 или 10000 (при условии, если частота на выходе VHF2 не превышает 100 кГц).

Выходы VHF1 и VHF2 имеют независимую установку тока (0, 2, 4, 6 или 8 мА) и инверсии сигнала.

Погрешность установки частоты (определяется разрядностью индикатора):

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

— в диапазоне 10...99,9999 кГц равна 0,1 Гц;

— в диапазоне 100...999,999 кГц равна 1 Гц;

— в диапазоне 1000...9999,99 кГц равна 10 Гц;

— в диапазоне 10000...250000 кГц равна 100 Гц;

— выходное сопротивление выходов VHF1 и VHF2 50 Ом;

— выход UHF1 имеет независимую установку частоты в пределах 200...600 МГц с дискретностью 1 кГц. Также выход UHF1 имеет возможность перестройки частоты (sweep) в диапазоне частот 200...600 МГц. Выход UHF1 имеет установку уровня выходной мощности в пределах 0...–21 дБ с дискретностью –3 дБ, имеет два вида модуляции OOK (амплитудно-импульсная) или FSK (частотно-импульсная) от внутреннего источника частотой 1 кГц или от внешнего источника. FSK имеет семь значений девиации частоты — 30, 60, 90, 120, 150, 180 и 210 кГц для частоты 435 МГц. Девиация частоты зависит от частоты на выходе и рассчитывается МК с индикацией на ЖКИ.

Режим sweep имеет 200 шагов перестройки при узкой полосе сканирования и 3500 шагов перестройки при широкой полосе сканирования. Шаг выбора частоты сканирования при узкой полосе равен 100•df. Скорость перестройки — 1 мс на шаг. Шаг сканирования (df) — 2,5 кГц для выходной частоты 435 МГц. Для другой выходной частоты шаг сканирования будет иным и рассчитывается МК с индикацией на ЖКИ. Длительность перестройки при узкой полосе равна 0,2 с, при широкой — 3,5 с.

Выход UHF2 имеет независимую установку частоты в пределах 500...1000 МГц с дискретностью 1 кГц. Также этот выход имеет возможность перестройки частоты (sweep) в диапазоне частот 500...1000 МГц. Выход UHF2 имеет установку уровня выходной мощности в пределах 0...–21 дБ с дискретностью –3 дБ, имеет два вида модуляции OOK (амплитудно-импульсная) или FSK (частотно-импульсная) от внутреннего источника частотой 1 кГц или от внешнего источника. FSK имеет семь значений девиации частоты — 30, 60, 90, 120, 150, 180 и 210 кГц для частоты 870 МГц. Девиация частоты зависит от частоты на выходе и рассчитывается МК с индикацией на ЖКИ.

Режим sweep имеет 200 шагов перестройки при узкой полосе сканирования и 3500 шагов перестройки при широкой полосе сканирования. Шаг выбора частоты сканирования при узкой полосе равен 100•df. Скорость перестройки — 1 мс на шаг. Шаг сканирования (df) — 5 кГц для выходной частоты 870 МГц. Для другой выходной частоты шаг сканирования будет иным и рассчитывается МК с индикацией на ЖКИ.

Дополнительные функции

1. Тестовый режим: на выходе OUT/D формируются прямоугольные импульсы с частотой 1 МГц, 100 кГц, 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц, 10 Гц или 1 Гц и уровнем цифровой логики. Погрешность установки частоты не превышает 0,001 %. Выбор частоты производится нажатием на кнопку RANGE.

2. Таймер: на выходе OUT/D формируется прямоугольный импульс длительностью от 1 мкс до 100 с с шагом установки 1 мкс (в интервале до 10 мс), 10 мкс (в интервале до 100 мс), 100 мкс (в интервале до 1 с), 1 мс (в интервале до 10 с) и 10 мс (в интервале до 100 с). Импульс может быть сформирован лог. 1 (H) или лог. 0 (L). Запуск таймера может быть ручной (кнопкой START) или внешним импульсом по входу IN. При внешнем запуске есть возможность сделать задержку запуска в пределах 5 мкс...10 с по фронту синхроимпульса на входе. Задержка запуска имеет два интервала: 5 мкс...10 мс (шаг установки 1 мкс) и 0...10 с (шаг установки 1 мс).

3. Генератор пакета импульсов: на выходе OUT/D формируется пакет прямоугольных импульсов длительностью от 3 мкс до 65535 мкс, паузой между импульсами от 3 мкс до 65535 мкс и числом импульсов от 1 до 65535. Дискретность установки равна: для длительности импульса — 1 мкс, для числа импульсов — 1 импульс. Установка параметра производится нажатием на кнопку RANGE или SETTING. Запуск производится кратковременным нажатием на кнопку START. В этом режиме прибор может работать как генератор непрерывных импульсов. Для этого необходимо установить число импульсов, равное нулю (Np = 0). Запуск генератора может быть ручным (кнопкой START) или внешним импульсом по входу IN.

4. Генератор пакета импульсов разной длительности (длительность каждого импульса и пауза после него устанавливается на каждый импульс индивидуально): на выходе OUT/D формируется пакет прямоугольных импульсов длительностью от 3 мкс до 65535 мкс, паузой между импульсами от 3 мкс до 65535 мкс и числом импульсов от 1 до 32. Выбор параметра производится длительным нажатием на кнопку START. Дискретность установки длительности импульса — 1 мкс, числа импульсов — 1 импульс. Установка параметра производится нажатием на кнопку RANGE или SETTING. Запуск производится кратковременным нажатием на кнопку START. Запуск генератора может быть ручной (кнопкой START) или внешним импульсом по входу IN.

5. Генератор импульсов с широтно-импульсной модуляцией: на выходе OUT/D формируются прямоугольные импульсы частотой 1,558 кГц и длительностью импульса от 1/255T до 244/255T, где T — период импульсов. Установка параметра производится нажатием на кнопку RANGE или SETTING. Запуск производится нажатием на кнопку START.

6. Генератор импульсов с псевдослучайной последовательностью: на выходе OUT/D формируются прямоугольные импульсы с псевдослучайной последовательностью частотой около 4 кГц. Запуск и остановка производится нажатием на кнопку START.

Измерение параметров цифрового сигнала

Диапазон измерения частоты входного сигнала — 1 Гц...30 МГц. Погрешность измерения частоты не превышает 0,001 %.

Интервал измерения длительности импульсов лог. 1 и лог. 0: 1 мкс...1 с (по входу IN при входной частоте до 10 кГц). Погрешность измерения — ±1 мкс; 10 нс...100 мкс (по входу IN при входной частоте от 10 кГц до 30 МГц). Погрешность измерения в интервале 10...1000 нс — ±5 нс, в интервале 1...100 мкс — не превышает 2...5 %.

Счёт импульсов в интервале от 1 до 100000000 при длительности входного импульса более 20 нс и паузы между импульсами более 20 нс.

Выход OUT/D — универсальный, используется как вход внешней модуляции, как выход делителя частоты и как выход генератора импульсов. Он имеет уровень цифровой логики. Выходное сопротивление — около 1 кОм. Входное сопротивление — около 10 кОм.

Цифровой вход IN используется для внешнего запуска генератора импульсов и имеет уровень цифровой логики. Входное сопротивление — 10 кОм.

Прибор имеет один вход IN, пять выходов OUT/D, VHF1, VHF2, UHF1 и UHF2.

Индикация ЖКИ — англоязычная.

При отключении прибора все установки сохраняются в энергозависимой памяти.

Питание прибора осуществляется напряжением 9...12 В постоянного тока.

Потребляемый ток — 250 мА.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

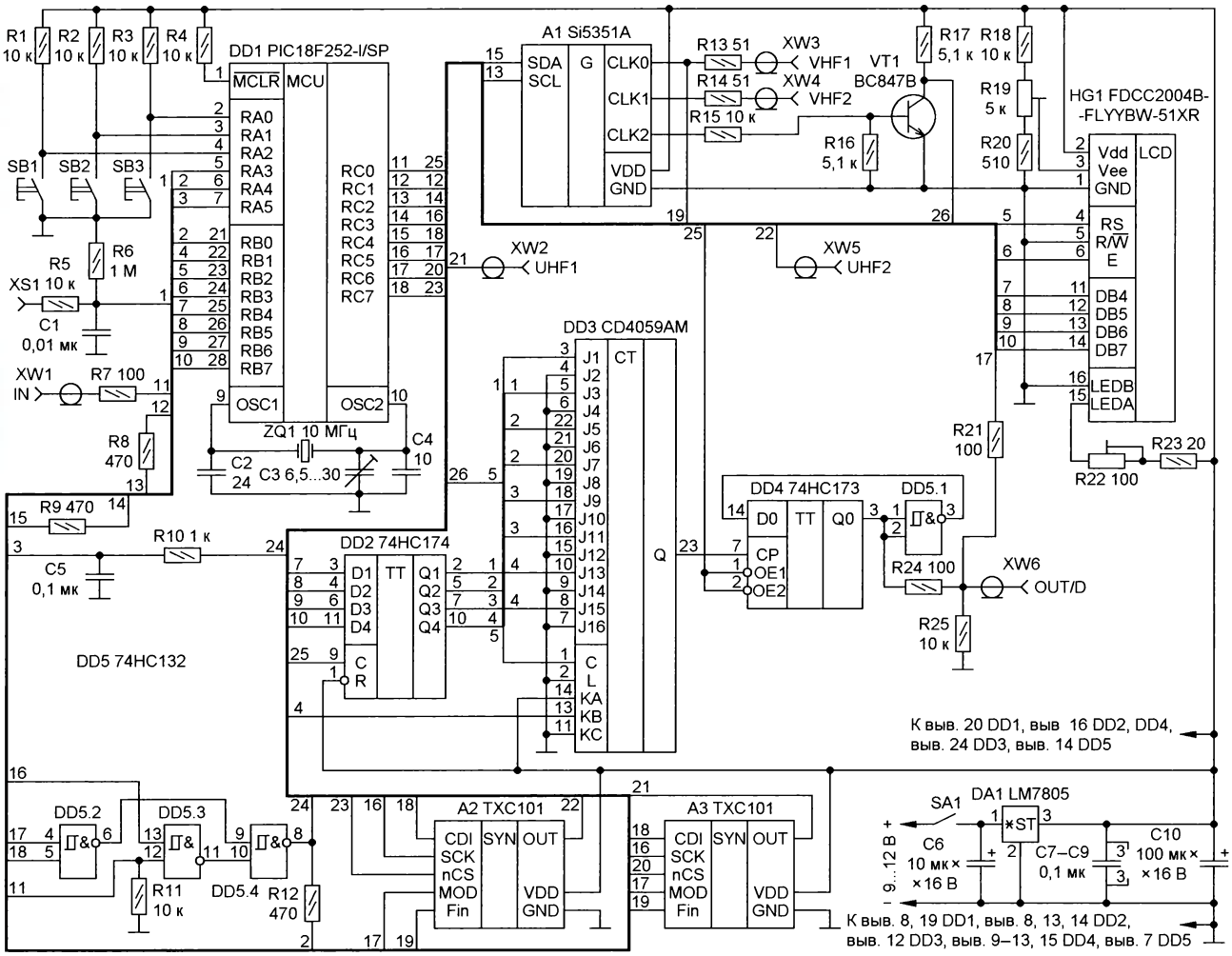


Рис. 1

Схема синтезатора частоты показана на **рис. 1**. Микроконтроллер (МК) DD1 PIC18F252-I/SP тактируется импульсами с периодом следования 100 нс, вырабатываемыми встроенным кварцевым генератором с элементами ZQ1, C2—C4. Резисторы R1—R4 поддерживают лог. 1 на входах МК. Кнопки SB1—SB3 подключены к МК и используются для управления прибором. Описание семейства МК PIC18F252 и программных средств их программирования приведены в [1]. Минимальную погрешность генератора выставляют подстроечным конденсатором C3. Стабилизатор напряжения +5 В собран на микросхеме DA1 (LM7805). Описание стабилизатора LM7805 приведено в [2]. Конденсаторы C6—C10 — блокировочные по цепи питания. На ЖКИ HG1 (FDCC2004B-FLYYBW-51XR) собрано устройство индикации. Описание этого ЖКИ-индикатора приведено в [3]. Резистором R22 регулируют яркость подсветки ЖКИ. Резистором R19 регулируют контрастность ЖКИ.

Синтезатор частоты A1 Si5351A [4] — это законченный блок, в котором применён стабилизатор напряжения 3,3 В, преобразователь интерфейса I^2C и кварцевый генератор.

Микросхема Si5351A содержит программируемый через I^2C кварцевый генератор с системой фазовой автоподстройки частоты (PLL) и буфер. Она содержит четыре основных узла: входной блок, два блока синтеза и выходной блок. К входному блоку подключается внешний кварцевый резонатор или подаётся внешний тактовый сигнал. Первый каскад блока синтеза умножает входную частоту для получения высокой промежуточной частоты (600...900 МГц), а второй каскад синтеза использует дробные делители с высоким разрешением (high resolution MultiSynth fractional dividers) для генерации требуемых выходных частот. Дополнительное целочисленное деление получается в блоке выхода для получения низких выходных частот. Матричные коммутаторы в каждом каскаде синтеза дают значительную гибкость при маршрутизации любых входов на любые выходы.

К входам XA, XB Si5351A подключают стандартный кварцевый резонатор фиксированной частоты для работы внутреннего генератора. Выходной сигнал этого генератора используется как образцовая частота для работающих независимо друг от друга (free-running) систем PLL, в результате генерируются асинхронные по отношению друг к другу тактовые частоты. Генератор будет работать на частоте используемого кварцевого резонатора 25 МГц или 27 МГц. В нашем случае используется кварцевый резонатор на частоту 25 МГц. Есть возможность программно подстраивать внутренние конденсаторы нагрузки (load capacitors, CL), чтобы устранить необходимость в дополнитель-

ных внешних компонентах, подключаемых к кварцевому резонатору Si5351A. Опции настройки позволяют выбрать конденсаторы нагрузки 0, 6, 8 или 10 пФ. Кварцевые резонаторы, требующие других ёмкостей, подключают с дополнительными внешними конденсаторами.

мые установки. В диапазоне частот от 10 кГц до 300 кГц используются дополнительные делители R0, R1 и R2. Для выхода CLK0 используется PLLA, для выходов CLK1 и CLK2 используется PLLB.

Для установки параметров микросхемы Si5351A необходимо произвести установки 187 ре-

MS1_P3[19:0] = c

MS2_P1[17:0] = 128 × a + Floor (128 × b/c) – 512

MS2_P2[19:0] = 128 × b – c × × Floor (128 × b/c)

MS2_P3[19:0] = c

На микросхеме DD3 (CD4059AM) собран программируемый делитель частоты [5].

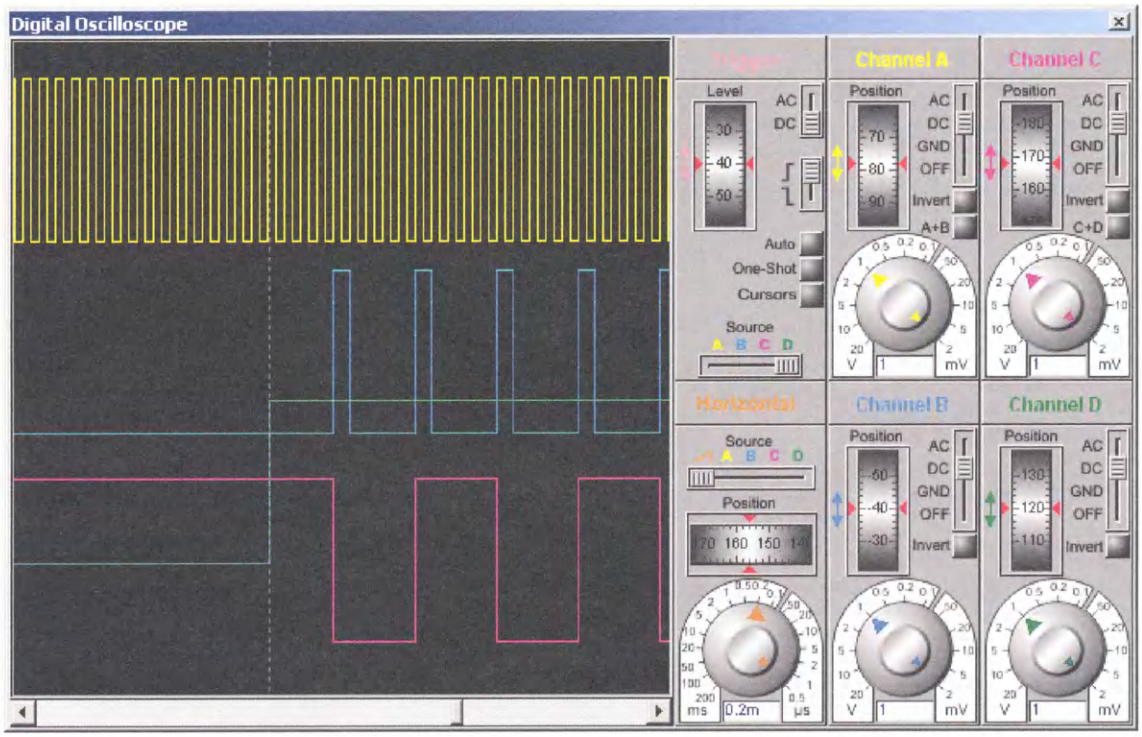


Рис. 2

Микросхема Si5351A имеет два генератора с PLL — PLLA и PLLB с целочисленным или дробным коэффициентом деления (устанавливается программно), три мультиплексированных делителя частоты MS0, MS1 и MS2 с целочисленным или дробным коэффициентом деления от 6 до 1800 (устанавливается программно) и три делителя частоты R0, R1 и R2 с целочисленным коэффициентом деления, равным 1, 2, 4, 8, ... ,128 (устанавливается программно). Поэтому общий коэффициент деления получается K = 1800 ×128 = 230400. При частоте PLL, равной 600 МГц, получаем минимальную частоту на выходе около 2,6 кГц.

Для получения выходного сигнала используем для выходов CLK0—CLK2 делители частоты MS0, MS1 и MS2 с целочисленным коэффициентом деления, тогда для PLLA и PLLB используем дробный коэффициент.

На частотах 150...250 МГц используется делитель с коэффициентом деления K = 4. Этот диапазон частот определяет МК и по интерфейсу I^2S делает необходи-

гистров, большинство из которых участвуют в установке частоты и тока выходов. Поэтому МК производит расчёт и загрузку в Si5351A по интерфейсу I^2S всех необходимых параметров.

Расчёт дробных коэффициентов PLLA и PLLB производится по формулам:

Fvco = Fxtal × (a + b/c)

MSNA_P1[17:0] = 128 × a + + Floor (128 × b/c) – 512

MSNA_P2[19:0] = 128 × b – c × × Floor (128 × b/c)

MSNA_P3[19:0] = c

MSNB_P1[17:0] = 128 × a + + Floor (128 × b/c) – 512

MSNB_P2[19:0] = 128 × b – c × × Floor (128 × b/c)

MSNB_P3[19:0] = c

Расчёт целочисленных коэффициентов MS0, MS1 и MS2 производится по формулам:

MS0_P1[17:0] = 128 × a + Floor (128 × b/c) – 512

MS0_P2[19:0] = 128 × b – c × × Floor (128 × b/c)

MS0_P3[19:0] = c

MS1_P1[17:0] = 128 × a + Floor (128 × b/c) – 512

MS1_P2[19:0] = 128 × b – c × × Floor (128 × b/c)

Входы программируемого делителя коммутированы так, чтобы получить четыре коэффициента деления — 5, 50, 500 или 5000. Выход программируемого делителя частоты подключён к входу CP (выв. 7) D-триггера на микросхеме DD4 (74HC173) [6]. D-триггер включён по схеме делителя на два. С выхода Q0 D-триггера (выв. 3) через резистор R24 сигнал с коэффициентом деления 10, 100, 1000 или 10000 поступает на выходной разъем OUT/D. Микросхема DD2 (74HC174) [7] — триггер-защёлка, которая запоминает установленный коэффициент деления на входе программируемого делителя частоты. На входы D1—D4 DD2 поступает сигнал в параллельном коде от МК DD1. Далее МК подаёт импульс на вход C DD2. По фронту этого импульса происходит запись в триггер-защёлку, и на его выходах появляется код, соответствующий входному.

Работу делителя частоты демонстрирует осциллограмма на **рис. 2**. На канал A осциллографа подан сигнал с выхода

CLK2 синтезатора частоты с частотой 10 кГц. Канал B подключён к выходу программируемого делителя частоты DD3 (выв. 23). Канал C подключён к выходу делителя на два DD4. Канал D подключён к входу KB DD3 (выв. 13). Когда на этом входе появляется лог. 1 (с вывода RB1 MK) происходит перезапись коэффициента деления с выходов триггера DD2 во внутренние регистры программируемого делителя DD3 за три такта входного сигнала. Далее происходит деление входного сигнала. Как только число импульсов на входе делителя совпадёт с установленным коэффициентом деления, на выходе делителя частоты DD3 появится лог. 1, по длительности равная периоду входного сигнала. Далее процесс деления входного сигнала повторяется. Запись в триггер DD2 происходит по фронту импульса на входе C (выв. 9), который поступает от MK (порт RC0). Но предварительно MK устанавливает выбранный коэффициент деления на входах D1—D4 триггера DD2. Лог. 1 на входе D1 соответствует коэффициенту деления 5, лог. 1 на входе D2 — коэффициенту деления 50, лог. 1 на входе D3 — коэффициенту деления 500 и лог. 1 на входе D4 — коэффициенту деления 5000.

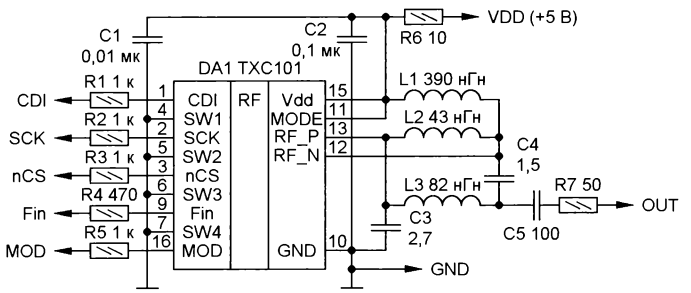


Рис. 3

На осциллограмме для иллюстрации работы делителя частоты установлен коэффициент деления K = 10.

Основная часть устройства — MK DD1 (PIC18F252-I/SP), который управляет прибором. Программа написана на ассемблере в программе MPLAB IDE v.7.5. Передача информации на ЖКИ осуществляется тетрадами.

На резисторах R15—R17 и транзисторе VT1 собран преобразователь уровня для согласования выхода синтезатора частоты и входа программируемого делителя. Кнопкой SB1 (START) производится старт, стоп или вход в режим установок. Кнопки SB2 (SETTING) и SB3 (RANGE) — многофункциональные.

В качестве синтезатора частоты я использую готовый модуль. Практика показала, что готовый модуль по своим характеристикам лучше, чем изготовленный самостоятельно.

Схема модуля A3 TXC101 [8] на диапазон 200...600 МГц показана на **рис. 3**. Резисторы R1—R7 — токоограничивающие. Конденсаторы C1, C2 — блокировочные по цепи питания. Конденсаторы C3, C4 — контурные. Конденсатор C5 — разделительный. Катушки L1—L3 — контурные. На месте L1 применён стандартный дроссель. Остальные катушки намотаны без каркаса и имеют диаметр 2,5 мм. Для намотки используется провод ПЭЛ диаметром 0,35 мм. Катушка L2 содержит четыре витка, L3 — восемь витков.

Схема модуля A2 TXC101 на диапазон 500...1000 МГц такая же. Отличие — в номиналах некоторых элементов. Ёмкость конденсатора C3 — 1,8 пФ, C4 — 1 пФ. Индуктивность дросселя L1 — 100 нГн, L2 — 10 нГн, L3 — 27 нГн. Катушка L2 содержит два витка провода ПЭЛ диаметром 0,35 мм, катушка L3 — четыре витка того же провода.

Микросхема TXC101 обычно работает с кварцевым резонатором. Но она также может работать от внешнего генератора. Эта функция используется в устройстве. Тактовая частота подаётся на вход Fin. Входы SW1—SW4 — входы для подключения кнопок, которые в нашем случае не используются и соединены с общим проводом. Вход CDI — вход данных, SCK — вход синхроимпульсов и nCS — вход выбора кристалла (микросхемы). MODE — это вход выбора управления микросхемой: лог. 0 — простая модель, лог. 1 — управление от MK. RF-N и RF-P — симметричный выход ВЧ-сигнала, MOD — вход модуляции.

Микросхема TXC101 содержит ряд узлов. Усилитель выходной мощности представляет собой дифференциальный усилитель с открытым коллектором и программируемой выходной мощностью.

Для управления доступны регистры, общие для усилителя мощности, регистр управления питанием и регистр конфигурации мощности передачи.

Синтезатор фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ, PLL), программируемый и полностью интегрированный, обеспечивает все функции, необходимые для генерации несущих частот и настройки для каждого диапазона. ФАПЧ работает в диапазоне частот от 8 до 12 МГц. Стабильность ВЧ зависит от стабильности входной частоты. ФАПЧ может выполнять ручную и автоматическую калибровку для компенсации изменений температуры или рабочего напряжения. При изменении диапазона необходимо выполнить повторную калибровку. Это можно сделать, отключив синтезатор и снова включив его через регистр управления питанием.

Регистры, общие для ФАПЧ, следующие: регистр управления питанием, регистр конфигурации, регистр установки частоты, регистр автоматической регулировки частоты, регистр конфигурации передачи.

Для управления микросхемой TXC101 используется интерфейс SPI. Типовые устройства SPI настроены на операции записи байтов. Микросхема TXC101 использует запись слов длиной 16 бит, поэтому на вход nCS (выв. 3) должен быть подан лог. 0. Все данные SPI записываются сначала в старший бит TXC101.

Регистр Status состояния (только для чтения) в нашем случае не используется.

Регистр конфигурации [POR=8080h] устанавливает следующие параметры: используемый частотный диапазон, ёмкость кварцевого резонатора, полярность модуляции передатчика, ширину полосы модуляции передатчика.

Биты [15—13] — код команды. Эти биты представляют собой код команды, который отправляет MK и идентифицирует биты, которые должны быть записаны в регистр конфигурации.

Биты [12—11] — выбор диапазона. Эти биты устанавливают используемый частотный диапазон. Поддерживаются четыре диапазона.

Биты [10—8] — выходная частота тактового сигнала. Эти биты устанавливают выходную частоту встроенного тактового сигнала, который может использоваться для работы внешнего процессора.

Биты [7—4] — выбор ёмкости кварцевого резонатора. Эти биты устанавливают ёмкость для кварцевого резонатора. Внутренняя ёмкость может изменяться от 8,5 пФ до 16 пФ с шагом 0,5 пФ для совместимости с широким спектром кварцевых резонаторов, а также для регулировки опорной частоты и компенсации паразитной ёмкости, которая

может возникать из-за разводки печатной платы.

Бит [3] — полярность модуляции. Если он сброшен, лог. 0 определяется как нижняя частота канала, а лог. 1 — как верхняя частота канала (положительное отклонение). Когда он установлен, лог. 0 определяется как верхняя частота канала, а лог. 1 — как нижняя частота канала (отрицательное отклонение).

Биты [2—0] — ширина полосы модуляции. Эти биты устанавливают отклонение частоты FSK установкой лог. 1 и лог. 0. Отклонение программируется от 15 кГц до 240 кГц с шагом 15 кГц.

Регистр конфигурации мощности передачи [POR=B0h] настраивает желаемую выходную мощность передачи.

Биты [7—4] — код команды. Эти биты представляют собой код команды, который отправляется МК и определяет биты, которые должны быть записаны в регистр конфигурации мощности передачи.

Бит [3] — OOKEN: Этот бит включает режим OOK (On-Off Keying) для усилителя мощности. В этом режиме данные подаются на вход MOD (выв. 16). Когда подаётся лог. 1, усилитель мощности включён, когда лог. 0, усилитель мощности выключен.

Биты [2—0] — устанавливают выходную мощность сигнала. Выходная мощность программируется от максимального значения до –21 дБ с шагом 3 дБ.

Регистр настройки частоты [POR=A7D0h] устанавливает точную частоту в выбранном диапазоне для передачи. Каждый диапазон имеет ряд частот, доступных для канальной обработки или скачкообразного изменения частоты. Выбираемые частоты для каждого диапазона приведены в **таблице**.

Биты [15—12] — код команды. Эти биты представляют собой код команды, который отправляет МК и идентифицирует биты, которые должны быть записаны в регистр установки частоты.

Биты [11—0] — установка частоты. Эти биты устанавливают центральную частоту, используемую во время передачи. Значение битов [11—0] должно находиться в десятичном интервале от 96 до 3903. Любое значение вне этого интервала приведёт к сохранению предыдущего значения, и изменение частоты не произойдёт. Для расчёта центральной частоты fc в мегагерцах используется уравнение:

$fc = 10 \times B1 \times (B0 + fVAL/4000)$,

где fVAL = десятичное значение Freq [11—0] = 96 < fVAL < 3903.

Регистры команд кнопок [POR=CA00h], сна/тактовой частоты [POR=C400h], таймера пробуждения [POR=E000h], порога обнаружения низкого напряжения батареи питания [POR=C200h] в нашем случае не используются.

Регистр управления питанием [POR=C000h] включает/отключает следующие узлы и функции: цепь передачи, ФАПЧ, усилитель мощности, синтезатор, кварцевый генератор, узел обнаружения низкого напряжения батареи питания, таймер пробуждения, тактовый выход.

Биты [15—8] — код команды. Эти биты представляют собой код команды, который отправляет МК и определяет биты, которые должны быть записаны в регистр управления питанием.

Биты [7—6] — автоматическое включение цепи передачи. Эти биты включают всю цепь передачи, когда установлены. Когда установлен TX1, включение генератора и синтезатора контролируется микросхемой. При подаче команды передачи данных гене-

Диапазон частот, МГц	Минимальная частота, МГц	Максимальная частота, МГц	Шаг перестройки, кГц
300	310,24	319,75	2,5
400	430,24	439,75	2,5
800	860,48	879,51	5
900	900,72	929,27	7,5

Рис. 4

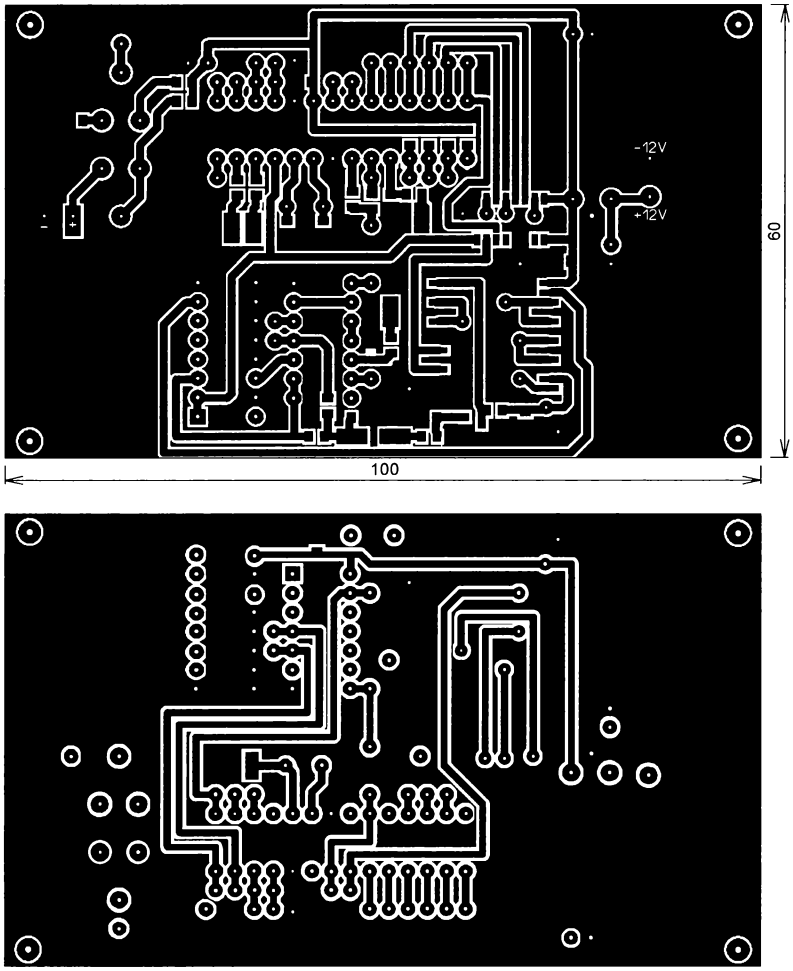


Рис. 5

ратор включается. Как только достигается стабильная частота, синтезатор включается. Когда установлен TX0, включается усилитель мощности после того, как ФАПЧ успешно достигнет синхронизации.

Бит [5] — разрешение работы кварцевого генератора. Этот бит, когда установлен, включает генератор. Генератор обеспечивает образцовый сигнал для синтезатора при установке используемой частоты передачи.

Бит [4] — разрешение работы синтезатора. Этот бит включает синтезатор, когда установлен. Синтезатор содержит ФАПЧ, генератор и ГУН для управления частотой канала. Он должен быть включён, когда передатчик включён. Генератор также должен быть включён, чтобы обеспечить опорную частоту для ФАПЧ. При включении питания синтезатор автоматически выполняет калибровку. При значительных изменениях напряжения или температуры калибровку можно выполнить, просто отключив синтезатор и снова включив его.

Бит [3] — включение усилителя мощности. Этот бит включает усилитель мощности, если он установлен. Усилитель мощности может быть включён вручную с помощью других функций.

Бит [2] — детектор низкого напряжения питания. Этот бит включает узел измерения напряжения батареи, если она установлена. Детектор батареи может быть запрограммирован на 32 различных пороговых уровня.

Бит [1] — включение таймера пробуждения. Этот бит включает таймер пробуждения, если он установлен.

Бит [0] — отключение тактового выхода. Этот бит отключает тактовый выход генератора, если он установлен. При сбросе микросхемы или включении питания тактовый выход включён, чтобы МК мог начать выполнение любых специальных требуемых последовательностей настройки.

Работу интерфейса SPI демонстрирует осциллограмма на **рис. 4**. На канал A подан сигнал данных CDI, на канал C — сигнал синхроимпульсов SCK, на канал B — сигнал разрешения nCS. Осциллограмма иллюстрирует загрузку регистров микросхемы TXC101.

Прибор собран на плате из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1 мм. Её чертёж показан на **рис. 5**, расположение деталей — на **рис. 6**. Плата — двухсторонняя, на одной стороне расположены детали для монтажа в отверстия (МК DD1, микросхемы DD4, DD5, кварцевый резонатор ZQ1, оксидные конденсаторы C6, C10, стабилизатор напряжения DA1, подстроечные резисторы R19, R22) и подстроечный конденсатор C3, на второй — детали для поверхностного монтажа. Резистор R6 установлен над конденсатором C1.

В авторском варианте на месте программируемого делителя частоты DD3 применён аналог CD4059AM — микросхема отечественного производства КА561ИЕ15А.

В устройстве применены резисторы R1—R12, R15—R18, R20, R21, R23—R25 для поверхностного монтажа типоразмера 0805, подстроечные резисторы R19, R22 — SH-655MCL, оксидные конденсаторы C6, C10 — импортные, конденсаторы C1, C2, C4, C5, C7—C9 — для поверхностного монтажа типоразмера 0805, подстроечный конденсатор C3 — TZC3P300A110R00. Кварцевый резонатор — HC49S, кнопки SB1—SB3 — TS-A3PG-130, выключатель SA1 — SW-012103, разъёмы — 24_BNC-50-2-20/133_NE.

Модули A2, A3 собраны на платах из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1 мм. Чертёж платы показан на **рис. 7**, расположение деталей — на **рис. 8**. На одной стороне платы установлена катушка (дроссель) L1, на противоположной — остальные детали. В модулях применены резисторы и конденсаторы для поверхностного монтажа типоразмера 0805.

Для устранения ВЧ-наводок модули со стороны монтажа закрыты экраном, изготовленным из медной фольги толщиной 0,1 мм.

Прибор собран в пластмассовом корпусе Z-33 (**рис. 9**). Передняя фальшпанель изготовлена из бумаги, надписи напечатаны на лазерном принтере, лезвием вырезан прямоугольник размерами 85×35 мм для экрана ЖКИ. Далее бумажная заготовка заламинирована, и из неё вырезана фальшпанель размерами 170×115 мм. Приклеивают фальшпанель к корпусу цианоакрилатным клеем. В корпусе просверлены три отверстия диаметром 3...4 мм под толкатели кнопок. Сами кнопки установлены на

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

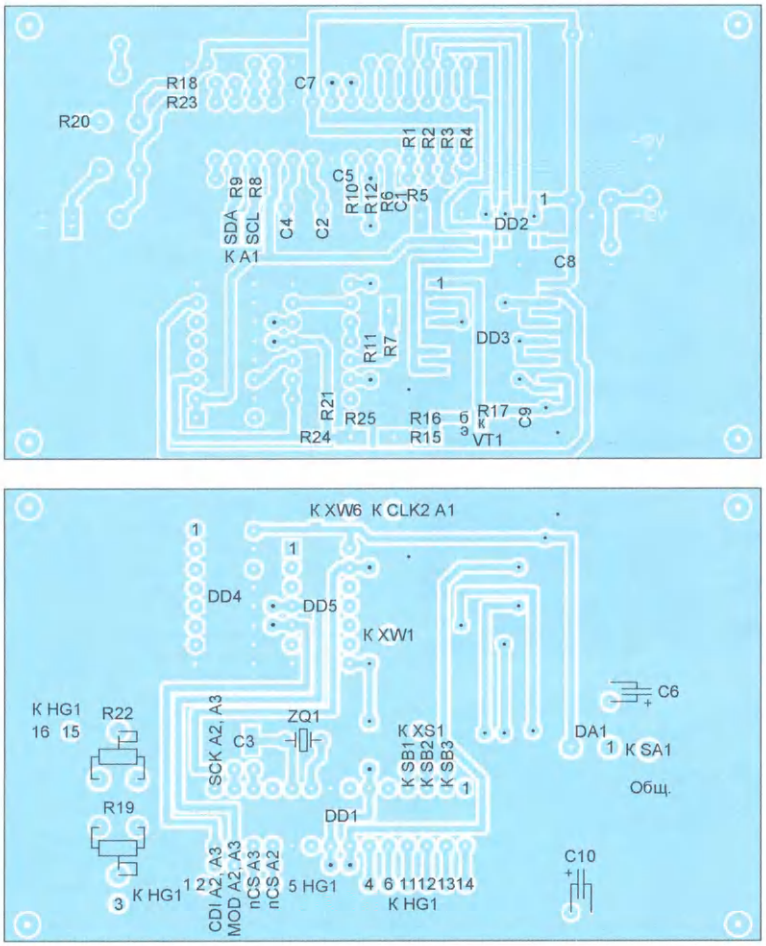


Рис. 6

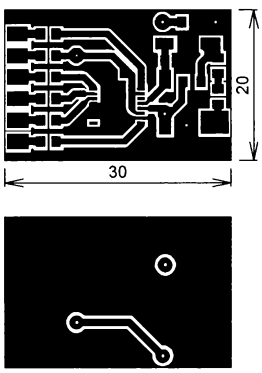


Рис. 7

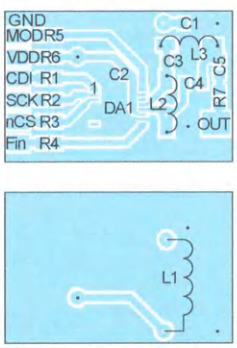


Рис. 8

Стабилизатор напряжения DA1 необходимо установить на небольшой теплоотвод с рассеиваемой мощностью 1...1,5 Вт. Расположение элементов в корпусе показано на **рис. 10**.

Налаживание прибора несложное. Устанавливают построечным резистором R19 необходимую контрастность ЖКИ. Подстроечным резистором R22 устанавливают необходимую яркость подсветки ЖКИ. Затем устанавливают частоту кварцевого генератора МК. Для этого к выводу 10 МК подключают щуп с входным делителем 1:10 и входной ёмкостью не более 1 пФ частотомера. Подстроечным конденсатором C3 добиваются показаний прибора, как можно более близких к 10 МГц.

Рассмотрим более подробно работу прибора в разных режимах.

Прибор имеет три кнопки управления: включение и выключение выбранной функции — START, выбор необходимой функции — RANGE, установка параметров — SETTING.

Работа прибора в режиме TEST

В этом режиме на выходе OUT/D присутствует сигнал с частотой следования импульсов 1 МГц, 100 кГц, 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц, 10 Гц или 1 Гц (**рис. 11**). Выбор частоты производится нажатием на кнопку RANGE. Индикация ЖКИ в режиме TEST

Рис. 9

плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм и размерами 100×15 мм, которая по краям прикреплена к корпусу двумя винтами М3.

Модуль синтезатора частоты установлен в непосредственной близости от выходных разъёмов.

С правой стороны на боковой панели установлены выключатель SA1 и гнездо питания. С тыльной стороны корпуса прибора установлены коаксиальные ВЧ-разъёмы, которые соединены с платой отрезками 50-омного экранированного кабеля. Центральную жилу кабеля подключают к соответствующим контактным площадкам на плате, оплётку — к общему проводу. Выход CLK2 модуля синтезатора частоты Si5351A также соединяют с платой 50-омным экранированным кабелем. Гнездо питания и выключатель соединены с платой проводом МГТФ 0,5.

для частоты 100 Гц имеет вид (**рис. 12**).

Установка частоты прямоугольного сигнала в режиме TEST:

— включают питание прибора;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию TEST;

— к выходу OUT/D подключают исследуемое устройство;

— кратковременным нажатием на кнопку START запускают генератор;

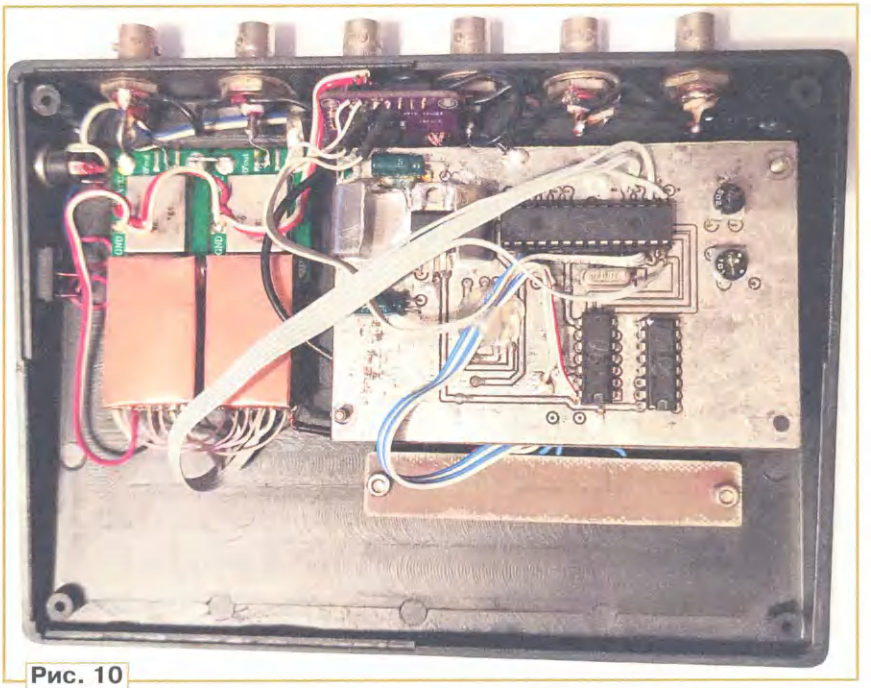


Рис. 10

Рис. 11

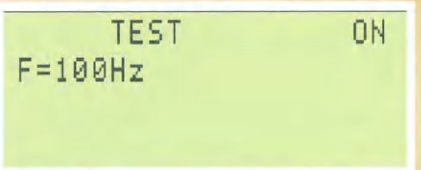


Рис. 12

— кнопкой RANGE выбирают необходимую частоту сигнала (1 МГц, 100 кГц, 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц, 10 Гц или 1 Гц) на выходе OUT/D;

— кратковременным нажатием на кнопку START выключают генератор.

Работа прибора в режиме генератора одиночного импульса TIMER

В этом режиме на выходе OUT/D формируется прямоугольный импульс с параметрами, указанными выше (**рис. 13**). Выбор интервала производится кратковременным нажатием на кнопку SETTING. Длительным нажатием на кнопку START входим в режим установки длительности. Установка длительности импульса производится нажатием на кнопку RANGE или SETTING (**рис. 14**). Длительным нажатием на кнопку START в этом режиме можно выставить импульс или низкого, или высокого уровня. Выходят из режима установки длительности кратковременным нажатием на кнопку START. В режиме внешнего запуска можно выставить задержку запуска (**рис. 15**). Длительным нажатием на кнопку SETTING устанавливают внешний запуск.

Запуск производится кратковременным нажатием на кнопку START или по нарастающему перепаду запускающего синхроимпульса на цифровом входе IN (**рис. 16**).

Установка длительности импульса в режиме TIMER:

— включают питание прибора;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию TIMER;

— к выходу OUT/D подключают исследуемое устройство;

— кратковременным нажатием на кнопку SETTING выбирают множитель;

— длительным нажатием на кнопку SETTING выбирают запуск таймера (надписи нет — ручной, TRG — запуск по фронту внешнего импульса);

— длительным нажатием на кнопку START входят в режим установок;

— длительным нажатием на кнопку START выбирают импульс на выходе (H — лог. 1, L — лог. 0);

— нажатием на кнопку RANGE или SETTING выбирают необходимую длительность импульса;

— кратковременным нажатием на кнопку START входят в режим установок задержки запуска (при включённом внешнем запуске TRG);

— длительным нажатием на кнопку START выбирают время задержки (микросекунды или миллисекунды);

— нажатием на кнопку RANGE или SETTING выбирают необходимую длительность задержки;

— кратковременным нажатием на кнопку START выходят из режима установок;

— кратковременным нажатием на кнопку START запускают таймер.

В режиме внешнего запуска TRG есть также возможность ручного запуска.

Рис. 13

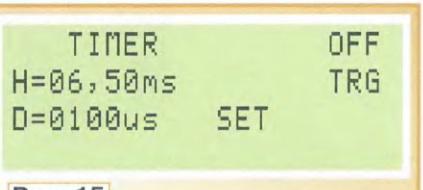


Рис. 15

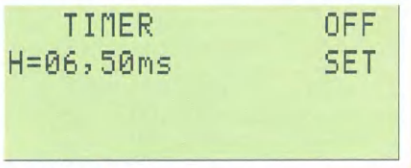


Рис. 14

Рис. 16

Работа прибора в режиме генератора пакета импульсов GEN PULS-1

В этом режиме на выходе OUT/D формируются прямоугольные импульсы с указанными выше параметрами (**рис. 17**). Выбор параметра производится в режиме установок SETTING (**рис. 18**). Установка параметра производится нажатием на кнопку RANGE или SETTING. Запуск производится кратковременным нажатием на кнопку START или по фронту запускающего синхроимпульса на цифровом входе IN. В этом режиме прибор может работать и как генератор непрерывных импульсов. Для этого

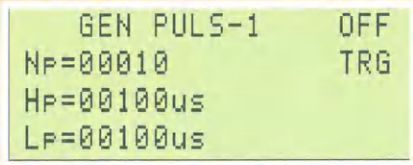


Рис. 17

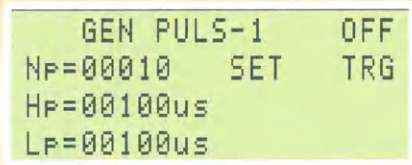


Рис. 18

необходимо установить число импульсов, равное нулю (Np = 0).

Установка импульсов в режиме GEN PULS-1:

— включают питание прибора;

— к выходу OUT/D подключают исследуемое устройство;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию GEN PULS-1;

— нажатием на кнопку SETTING выбирают запуск таймера (надписи нет — ручной, TRG — запуск по фронту внешнего импульса);

— длительным нажатием на кнопку START входят в режим установок;

— нажатием на кнопку START выбирают параметр, который необходимо установить (Np — число импульсов в пакете, Hp — длительность импульса в микросекундах и Lp — длительность паузы между импульсами в микросекундах);

— нажатием на кнопку RANGE или SETTING выбирают необходимое значение параметра;

— нажатием на кнопку START выходят из режима установок;

— запускают генератор кратковременным нажатием на кнопку START.

В режиме непрерывной генерации необходимо установить параметры импульса, как рассмотрено ранее, только число импульсов в пакете следует установить равным нулю (Np = 0).

Работа прибора в режиме генератора пакета импульсов GEN PULS-2

В этом режиме на выходе OUT/D можно сформировать до 32 прямоугольных импульсов разной длительности от 3 мкс до 65535 мкс и паузой между импульсами от 3 мкс до 65535 мкс. Установка параметра производится нажатием на кнопку RANGE или SETTING. Запуск производится кратковременным нажатием на кнопку START или по фронту запускающего синхроимпульса на цифровом входе IN.

Индикация на экране ЖКИ в режиме GEN PULS-2 показана на **рис. 19**, **рис. 20**.

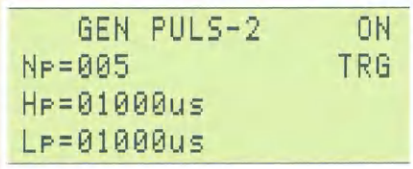


Рис. 19

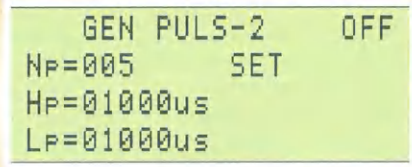


Рис. 20

Установка импульсов в режиме GEN PULS-2:

— включают питание прибора;

— к выходу OUT/D подключают исследуемое устройство;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию GEN PULS-2;

— нажатием на кнопку SETTING выбирают запуск таймера (надписи нет — ручной, TRG — запуск по фронту внешнего импульса);

— длительным нажатием на кнопку START входят в режим установок;

— нажатием на кнопку START выбирают параметр Np. Нажатием на кнопку RANGE или SETTING выбирают первый импульс в пакете (Np = 1);

— нажатием на кнопку START выбирают параметр Hp и устанавливают длительность первого импульса в пакете. Нажатием на кнопку RANGE или SETTING выбирают необходимое значение параметра (например, Hp = 10 us);

— нажатием на кнопку START выбирают параметр Lp и устанавливают длительность паузы после первого импульса в пакете. Нажатием на кнопку RANGE или SETTING выбирают необходимое значение параметра (например, Lp = 20 us);

— нажатием на кнопку START выбирают параметр Np. Нажатием на кнопку RANGE или SETTING выбирают второй импульс в пакете (Np = 2);

— нажатием на кнопку START выбирают установку длительности второго импульса в пакете. Нажатием на кнопку RANGE или SETTING выбирают параметр Hp и устанавливают длительность второго импульса в пакете (например, Hp = 100 us);

— нажатием на кнопку START выбирают параметр Lp и устанавливают длительность паузы после второго импульса в пакете. Нажатием на кнопку RANGE или SETTING выбирают необходимое значение параметра (например, Lp = 200 us) и т. д.;

— длительным нажатием на кнопку START выходят из режима установок;

— запускают генератор кратковременным нажатием на кнопку START.

Работа прибора в режиме генератора с ШИМ GEN PWM

В этом режиме на выходе OUT/D формируются прямоугольные импульсы с ШИМ частотой 1,558 кГц. Включение и выключение производится кратковременным нажатием на кнопку START (**рис. 21**). Выбор скважности импульсов производится нажатием на кнопку RANGE или SETTING (**рис. 22**).

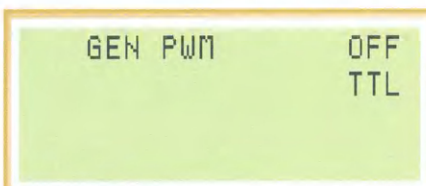


Рис. 21

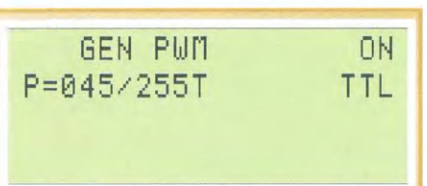


Рис. 22

Установка ШИМ в режиме GEN PWM:

— включают питание прибора;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию GEN PWM;

— к выходу OUT/D подключают исследуемое устройство;

— кратковременным нажатием на кнопку START запускают генератор;

— нажатием на кнопку RANGE или SETTING выбирают необходимую скважность импульсов;

— нажатием на кнопку START отключают генератор.

Работа прибора в режиме генератора псевдослучайных чисел GEN NOIS

В этом режиме на выходе OUT/D формируются прямоугольные импульсы с псевдослучайной последовательностью. Включение и выключение производится кратковременным нажатием на кнопку START. Индикация

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ЖКИ в режиме GEN NOIS показана на **рис. 23**.

Установка генератора колебаний псевдослучайной последовательности в режиме GEN NOIS:

— включают питание прибора;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию GEN NOIS;

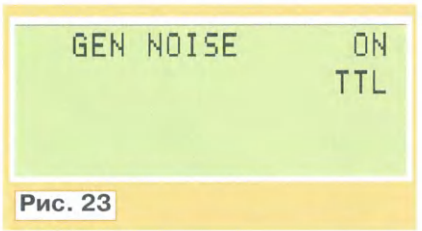


Рис. 23

— к выходу OUT/D подключают исследуемое устройство;

— нажатием на кнопку START запускают генератор;

— нажатием на кнопку START отключают генератор.

Синтезатор частоты VHF

Выбирается функция SYNTHESIZER VHF (**рис. 24**). Длительным нажатием на кнопку START входят в режим установок частоты выходов VHF1 и VHF2 (**рис. 25**).

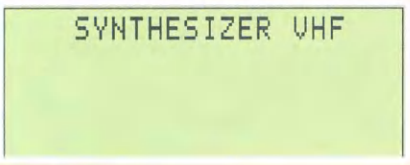


Рис. 24

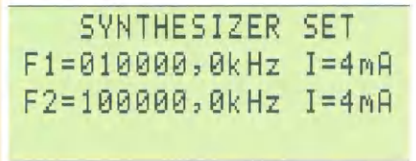


Рис. 25

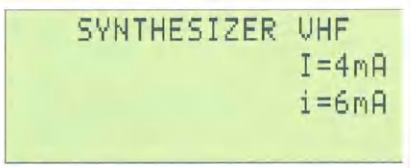


Рис. 26

Нажатием на кнопку RANGE или SETTING устанавливают необходимую частоту. Длительным нажатием на кнопку START выходят из режима установок частоты выходов. Кратковременным нажатием на кнопку SETTING входят в меню установок тока выхода и кратковременным нажатием на кнопку RANGE устанавливают необходимый ток выхода (**рис. 26**). Длительным нажатием на кнопку RANGE устанавливают инверсию выходного сигнала. Нажатием на кнопку SETTING выходят из меню установок тока выхода. Длительным нажатием на кнопку SETTING входят в меню установок делителя частоты выхода OUT/D и кратковременным нажатием устанавливают необходимый коэффициент деления — 10, 100, 1000 или 10000 (**рис. 27**). Длительным нажатием на кнопку SETTING выходят из меню установок делителя частоты выхода OUT/D. Нажатием на кнопку START производят включение и выключение синтезатора частоты (**рис. 28**).

Нажатием на кнопку RANGE входят в режим sweep малой скорости перестройки (1 с на шаг) и выбирают необходимый шаг перестройки (**рис. 29**). Нажатием на кнопку SETTING входят в режим sweep большой скорости перестройки (10 мс на шаг) и выбирают необходимый шаг перестройки.

Установка синтезатора частоты VHF1 и VHF2:

— включают питание прибора;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию SYNTHESIZER VHF;

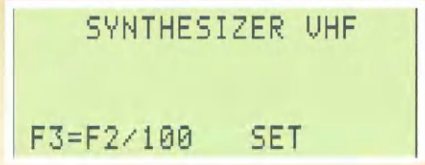


Рис. 27

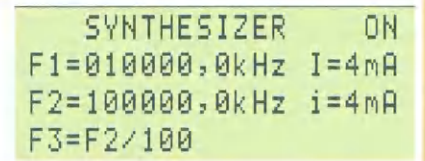


Рис. 28

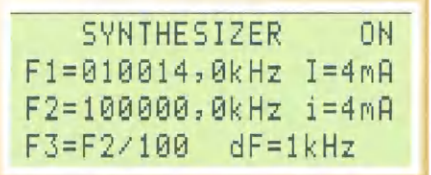


Рис. 29

— к выходу VHF1 или VHF2 подключают исследуемое устройство;

— длительным (более 1 с) нажатием на кнопку START входят в меню установок частоты выхода VHF1;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают разряд индикатора, о чём свидетельствует кратковременное погасание символа;

— нажатием на кнопку SETTING выбирают значение разряда индикатора. При установке частоты менее 10 кГц на индикаторе высвечивается ошибка ERROR;

— длительным (более 1 с) нажатием на кнопку START переходят на установку частоты выхода VHF2 и производят установку частоты;

— длительным (более 1 с) нажатием на кнопку START выходят из меню установок частоты;

— кратковременным нажатием на кнопку SETTING входят в меню установок тока выхода VHF1;

— кратковременным нажатием на кнопку RANGE устанавливают необходимый ток выхода VHF1;

— длительным (более 1 с) нажатием на кнопку RANGE выбирают инверсию выходного сигнала VHF1 (заглавная буква I — без инверсии, строчная i — инверсия включена);

— кратковременным нажатием на кнопку SETTING устанавливают ток выхода VHF2 аналогично установке тока выхода VHF1;

— кратковременным нажатием на кнопку SETTING выходят из меню установок тока;

— длительным (более 1 с) нажатием на кнопку SETTING входят в меню установок делителя частоты. Кратковременным нажатием на кнопку SETTING выбирают значение делителя частоты (10, 100, 1000 или 10000). Длительным (более 1 с) нажатием на кнопку SETTING выходят из меню установок делителя частоты;

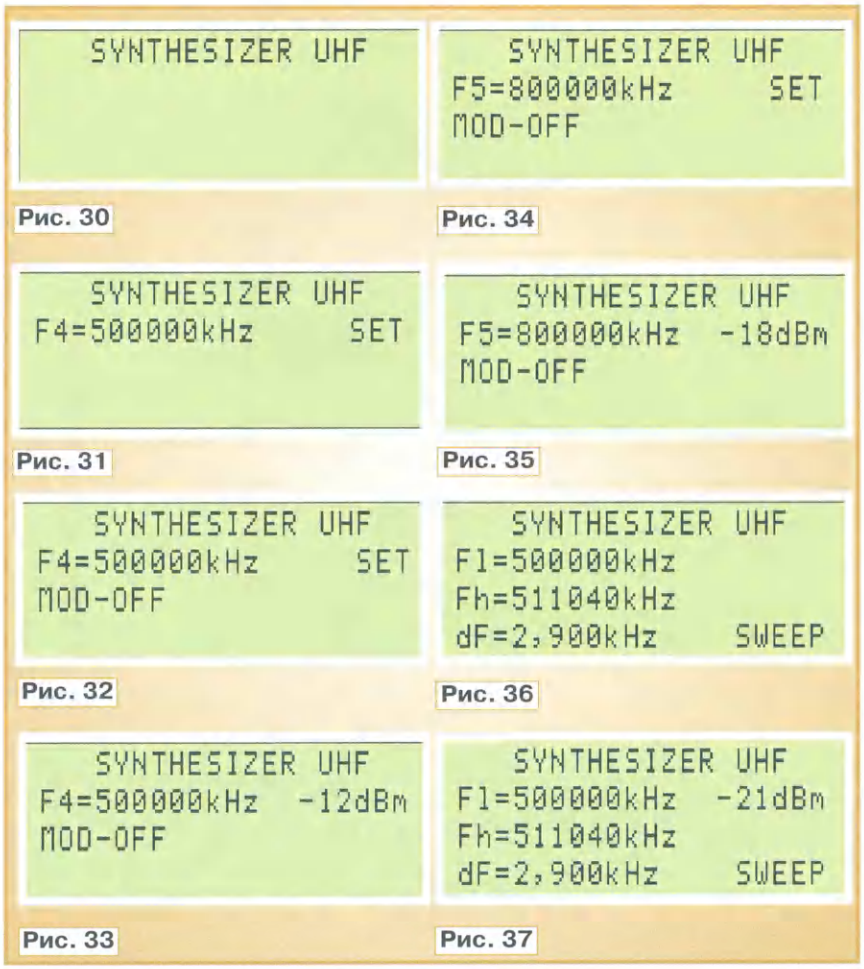
— нажатием на кнопку START включают и выключают синтезатор частоты;

— в режиме sweep используется выход VHF1. Вход в этот режим осуществляют кратковременным нажатием на кнопку RANGE (медленная перестройка частоты — 1 с на шаг) или SETTING (быстрая перестройка частоты — 10 мс на шаг) при включённой функции SYNTHESIZER и устанавливают необходимый шаг перестройки (dF). Число шагов перестройки равно 100. При каждом начале качания на выходе OUT/D формируется синхроимпульс длительностью 2 мс для определения начала отсчёта. На дисплее индицируется значение частоты шага перестройки (dF) и текущее значение частоты на выходе (F). При работе в режиме sweep делитель частоты отключается.

Синтезатор частоты UHF1 и UHF2

Выбирают функцию SYNTHESIZER UHF1 (**рис. 30**). Длитель-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



ным (более 1 с) нажатием на кнопку START входят в меню установок частоты (**рис. 31**). Нажатием на кнопку RANGE или SETTING устанавливают необходимую частоту. Также устанавливают тип модуляции и девиацию частоты (при FSK или fsk) (**рис. 32**). Кратковременным нажатием на кнопку START выходят из меню установок частоты. Нажатием на кнопку START включают и выключают синтезатор частоты. Кратковременным нажатием на кнопку RANGE при включённом синтезаторе частоты производят установку мощности сигнала на выходе (**рис. 33**).

Установки в режиме SYNTHESIZER UHF2 производятся аналогично (**рис. 34**, **рис. 35**).

Входят в режим sweep нажатием на кнопку SETTING (**рис. 36**). Установка начальной частоты качания при узкой полосе производится нажатием на кнопку RANGE (**рис. 37**). Нажатием на кнопку START включают и выключают функцию sweep.

Установка синтезатора частоты сигнала UHF1:

— включают питание прибора;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию SYNTHESIZER UHF1;

— к выходу UHF1 подключают исследуемое устройство;

— длительным (более 1 с) нажатием на кнопку START входят в меню установок частоты и параметров выхода;

— нажатием на кнопку RANGE выбирают разряд индикатора, о чём свидетельствует кратковременное погасание символа;

— нажатием на кнопку SETTING выбирают значение разряда индикатора. Так устанавливают значения всех разрядов индикатора;

— нажатием на кнопку START переходят на установку типа модуляции. Нажатием на кнопку RANGE выбирают тип модуляции: MOD-OFF (модуляции нет), OOK (амплитудно-импульсная внешняя), ook (амплитудно-импульсная внутренняя), FSK (частотно-импульсная внешняя) или fsk (частотно-импульсная внутренняя).

Если выбран тип модуляции FSK или fsk, то следующим нажатием на кнопку START прибор переходит на установку девиации частоты. Нажатием на кнопку RANGE выбирается необходимая девиация частоты. Если используется внешняя FSK или OOK модуляция, на выход OUT/D (в данном случае он используется как вход) подается модулирующий сигнал цифровой логики (+5 В),

— нажатием на кнопку START выходят из меню установок;

— далее кратковременным нажатием на кнопку START запускают синтезатор частоты. Если используется внешняя модуляция, на выход OUT/D подают сигнал модуляции с уровнем цифровой логики (+5 В);

— нажатием на кнопку RANGE во включённом режиме устанавливают ослабление выходного сигнала;

— кратковременным нажатием на кнопку START выходят из функции с включённым синтезатором частоты. Длительным нажатием на кнопку START выходят из функции с выключенным синтезатором частоты (при этом на ЖКИ индицируется OFF длительностью 1 с).

Установка синтезатора частоты в режиме sweep:

— нажатием на кнопку SETTING при выключенном синтезаторе входят в режим индикации нижней Fl, верхней Fh и шага dF частоты качания. Если нужна узкая (200•dF) полоса качания, нажатием на кнопку SETTING входят в режим установки нижней Fl частоты качания и нажатием на кнопку RANGE производят её установку. Если нужна широкая полоса качания (3500•dF), нажатием на кнопку START запускают синтезатор частоты в режиме sweep, не устанавливая нижнюю частоту качания. Шаг сканирования разный и зависит от установленной частоты (рассчитывается МК и индицируется на ЖКИ);

— далее нажатием на кнопку START запускают синтезатор частоты в режиме sweep;

— нажатием на кнопку RANGE в режиме качания частоты устанавливают ослабление выходного сигнала;

— кратковременным нажатием на кнопку START выходят из функции sweep с включённым синтезатором частоты. Длительным нажатием на кнопку START выходят из функции sweep с выключенным синтезатором частоты (при этом на ЖКИ индицируется OFF длительностью 1 с.

При каждом начале качания на выходе OUT/D формируется синхроимпульс длительностью 2 мс для определения начала отсчёта.

Синтезатор частоты можно модулировать от внутреннего таймера или генератора. Для этого необходимо включить синтезатор, установить необходимые параметры, установить внутреннюю модуляцию ook или fsk, кратковременным нажатием на кнопку START выйти из режима (при этом синтезатор частоты останется включённым). Далее необходимо выбрать режим таймера или генератора и установить необходимые

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

параметры. Запускают таймер или генератор. В этом режиме параметры синтезатора изменять нельзя.

Установки в режиме SYNTHESIZER UHF2 производят аналогично.

Измерение частоты и длительности импульсов периодического сигнала

При измерении параметров сигнала с уровнем цифровой логики кнопкой RANGE выбирают режим FREQUENCY (**рис. 38**). На вход IN подают сигнал. Индикация низкочастотного сигнала (в данном случае F = 2,6 кГц и скважность 2) имеет вид (**рис. 39**).

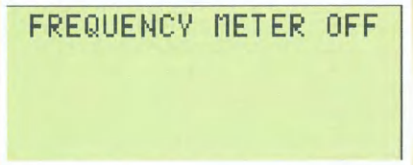


Рис. 38

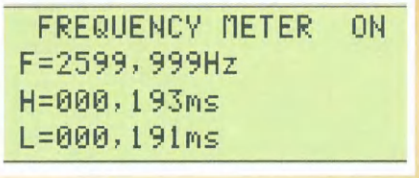


Рис. 39

Измерение сигнала с уровнем цифровой логики по входу IN:

— нажатием на кнопку RANGE выбирают функцию измерения FREQUENCY;

— на вход IN подают сигнал с уровнем цифровой логики;

— нажатием на кнопку START включают и выключают измерения;

— проводят измерения.

Счётчик импульсов

Счётчик видеоимпульсов работает так. Выбирают функцию COUNTER. На вход IN подают сигнал. При включении функции (COUNTER-ON) прибор подсчитывает поступившие на его вход импульсы, но на ЖКИ отображается значение предыдущего измерения. После отключения функции (COUNTER-OFF) прибор прекращает подсчёт импульсов, поступающих на вход, и выдаёт результат измерения на экран ЖКИ (**рис. 40**).

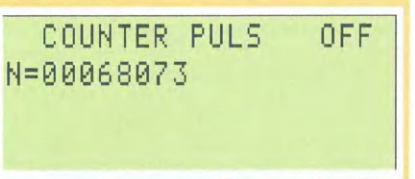


Рис. 40

Счёт импульсов:

— нажатием на кнопку RANGE выбирают счётчик импульсов COUNTER PULS;

— на вход IN подают сигнал с уровнем цифровой логики;

— нажатием на кнопку START запускают и отключают счётчик импульсов;

— результат счёта индицируется после отключения и сохраняется до следующего отключения.

ЛИТЕРАТУРА

1. PIC18FXX2 Data Sheet High-Performance, Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D. — URL: **http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39564c.pdf** (08.01.26).

2. LM78XX/LM78XXA 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator. — URL: **http://hades.mech.northwestern.edu/images/6/6c/LM7805.pdf** (08.01.26).

3. Specification character type dot matrix LCD module. — URL: **http://andrew1955.ucoz.ru/Info/Indicator/LCD/Symbol/FDCC2004B-FLYYBW-51LR.pdf** (08.01.26).

4. Modifying the Si5351A Local Oscillator Module frequency. — URL: **https://www.vk5tm.com/starlo2.php** (08.01.26).

5. CD4059A Types CMOS Programmable Divide-by-N Counter. — URL: **http://www.elektronikjk.pl/elementy_czynne/IC/4059.pdf** (08.01.26).

6. M74HC173 QUAD D-TYPE REGISTER (3-STATE). — URL: **https://www.mantech.co.za/datasheets/products/M74HC173BI-190115A.pdf?srsltid=AfmBOorhTsaMdI8D4meqibDZTGIokVW-Q0s546croxrUwbhs3KRsB-b9** (08.01.26).

7. 74HC174 Hex D-type flip-flop with reset; positive-edge trigger. — URL: **https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/15552/PHILIPS/74HC174.html** (08.01.26).

8. Radio Frequency ICs RF Transmitter 300-1000 MHz. — URL: **https://datasheet.su/datasheet/RFM/TXC101** (08.01.26).

От редакции. *Чертежи печатных плат в авторском варианте и прошивка МК находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2026/03/synt_v30.zip*** *на нашем ftp-сервере.*

Вышла в свет новая книга

Крошилин А. В., Крошилина С. В. Интеллектуальные поисковые системы на основе нечёткой логики. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2025. — 140 с., ил.

ISBN 978-5-9912-1087-4.

Раскрыты особенности проектирования интеллектуальных поисковых систем на основе нечёткой логики. Даны базовые понятия и рассмотрена терминология в области теории интеллектуального поиска и моделирования знаний в информационных системах. Представлены различные подходы к реализации интеллектуальных систем и областям их применения. Рассмотрены основные этапы реализации интеллектуальных поисковых систем, в том числе основные концепций интеллектуального анализа данных для систем обработки знаний, ориентированных на поиск информации. В рассматриваемой области используются концепции построения поисковых систем, теоретические концепции моделей представления знаний, построения экспертных систем, универсальных алгебр, нечётких множеств и применение теории выбора. Обсуждаются вопросы специфики анализа данных в условиях неопределённости. Пособие может быть использовано при изучении дисциплин "Математические методы и модели принятия проектных решений", "Интеллектуальный анализ данных", "Предметно-ориентированные информационные системы", "Интеллектуальная поддержка принятия решений в системах медицинского назначения", "Проектирование цифровых систем медико-биологического назначения".

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки 09.03.03 — "Прикладная информатика" (бакалавриат), 09.04.04 — "Программная инженерия" (магистратура), специальность 09.05.01 — "Применение и эксплуатация автоматизированных систем специального назначения" (специалитет), 12.04.04 — "Биотехнические системы и технологии" (магистратура). Будет полезно специалистам в области систем управления знаниями на основе семантических сетей (в том числе для построения баз знаний) и искусственного интеллекта (в том числе интеллектуальных поисковых систем).

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

РАДИО о связи
E-mail: mail@radio.ru
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ

Молодёжный кубок им. А. С. Попова — 2025 год

Восьмой раз эти соревнования проводились в ранге официальных, включённых в единый план всероссийских мероприятий на 2025 год: спортивная дисциплина радиосвязь на КВ — телефон 1450061811Я, номер-код ЕКП Минспорта России — 2145000021033498. В них приняли участие 106 спортсменов (из них — 82 юноши и 24 девушки), 54 радиостанции (представили отчёты — 49; из них в зачёт — 36). Столько же участников было в прошлом году. Среди них — 12 кандидатов в мастера спорта, 22 имеют первый спортивный разряд, 24 — второй спортивный разряд, восемь человек — третий спортивный разряд, восемь — первый юношеский спортивный разряд, восемь — второй юношеский спортивный разряд, один — третий юношеский спортивный разряд.

В спортивных соревнованиях среди молодёжи "Кубок им. А. С. Попова" в 2025 г. участвовали представители 26 субъектов Российской Федерации из восьми федеральных округов.

В 2025 г. эти соревнования впервые проходили в формате "два в одном". Кроме официальных всероссийских, проходили ещё и соревнования Союза радиолюбителей России. Отличие: в официальных применяются условия допуска, спортсмены без разрядов к ним не допускаются. Поэтому во всероссийских соревнованиях оказалось меньше радиостанций. Ниже приведены итоги официальных соревнований.

В индивидуальном зачёте (вид программы SO — радиостанция с одним участником в возрасте до 20 лет, все диапазоны) первое место занял Савелий Алимов (R4YAZ), г. Чебоксары, Республика Чувашия. На втором месте — Кирилл Бессингер (R8CI) из г. Ирбита Свердловской обл. Его тренирует Олег Николаевич Усов (R8CT). Третий результат показала Арина Лямина (R4WCQ) из г. Ижевска, Республика Удмуртия. Её тренирует Рудольф Германович Сайфуллин (RW4W).

В 2025 г., как и в предыдущие годы, команды коллективных радиостанций были разделены на три возрастные группы: радиостанции с двумя или тремя участниками в возрасте до 14 лет, с двумя или тремя участниками в возрасте до 16 лет и с двумя или тремя участниками в возрасте до 20 лет.

Среди команд коллективных радиостанций с участниками в возрасте до 14 лет на первое место вышла команда R4DS МБУ ДО "Центр развития творчества детей и юношества" из г. Пугачёва Саратовской обл. В составе этой команды выступали Матвей Потапенко, Айдар Сарсёнов и Матвей Вишняков. Тренирует команду Дмитрий Владимирович Ивлиев (R4DI). На втором месте в этой группе — команда коллективной радиостанции RK4W

Савелий Алимов — победитель в индивидуальном зачёте.

Команда радиостанции R4DS (слева направо): Матвей Потапенко, Матвей Вишняков, Айдар Сарсёнов.

Дворца детского (юношеского) творчества г. Ижевска. В её составе — Софья Жигалова, Тимур Муллин и Алиса Соломатина. Тренер команды — Павел Анатольевич Коробко (R4WX). Третье место заняла команда коллективной радиостанции UG5R МАОУ "Татановская СОШ" из г. Тамбова. В составе команды выступали Артём Басов и Сергей Морозов. Тренер команды — Юрий Викторович Козлов (UA3RU).

В возрастной группе операторов до 16 лет победу одержала команда коллективной радиостанции R6BW кружка радиотехнического конструирования МАОУ СОШ № 68 из г. Краснодара. В её составе выступали Владислав Замула, Виктория Лузан и Степан Мандрыка. Тренирует команду Анатолий Иванович Терещенко (R7BC). Второе место заняла команда радиостанции RW4O из г. Кирова. В её составе выступали Анна Бякова, Максим Онучин и Данила Дунин. Тренирует команду Андрей Геннадьевич Козловских. На третьем месте в этой группе — команда коллективной радиостанции RK3IXB радиоклуба им. А. Н. Туполева, г. Кимры Тверской обл., в которую входили Григорий Веселов, Даниил Пилипенко и Арсений Каргин. Тренер команды — Николай Васильевич Костров (UA3IFX).

В "старшей" возрастной группе (до 20 лет) среди коллективных радиостанций первенствовала команда RK4CYW Творческого объединения "Радиолюбители" Дома детского творчества городского округа п. Светлый Саратовской обл., выступавшая в составе: Андрей Демченко, Яна Шашлова и Алексей Ломакин. Тренирует команду Александр Иванович Макевкин (RA4CEO). Он написал: "Наш коллектив начал свою радиолюбительскую деятельность с апреля 1989 г. в Доме пионеров и школьников, п. Светлый. За многие годы деятельности коллектива мальчишки и девчонки получали хорошие знания в области радиотехники и хорошую спортивную подготовку. Выступали в соревнованиях различного уровня. 2025 год — самый удачный в нашей деятельности. В мае 2025 г. Яна Шашлова (ей 15 лет) выполнила норматив кандидата в мастера спорта. И в День физкультурника Глава городского округа С. М. Баталов торжественно вручил Яне документы о присвоении этого спортивного разряда. Яна занимается в нашем кружке девять лет. Она очень целеустремлённый человек, мечтает выполнить норматив и получить спортивное звание "Мастер спорта России".

Алексей Ломакин (ему 15 лет) занимается в объединении восемь лет. И с каждым годом совершенствует свои профессиональные навыки. Удачное выступление в "Молодёжном кубке им. А. С. Попова" подтвердил индивидуальным первым местом в "Самарских молодёжных соревнованиях".

Самый юный участник Андрей Демченко также показывает стабильные результаты, он занял первое место в соревнованиях "Звёзды Кубани". Впереди у него достойный спортивный путь. Так что победа радиолюбителей из Светлого вполне заслуженная".

Второе место у "старшеклассников" заняла команда R3HJ из г. Серпухова Московской обл., за которую выступали Дмитрий Алексеев, Артём Буздарев и Роман Перун. Готовил команду к соревнованиям Дмитрий Борисович Алексеев. На третьем месте в этой группе — команда коллективной радиостанции RK6HWP МБУДО ИГОСК ЦДТТ, п. Изобильный Ставропольского края. В составе этой команды выступали Виктория Михайленко, Сергей Юрченко и Ульяна Поддубная. Тренирует команду Леонид Иванович Бычков (RA6FPW).

В общем зачёте среди спортивных команд субъектов РФ первое место заняла команда Саратовской обл., второе и третье места поделили команды Республики Удмуртия и Московской обл.

SINGLE-OP JUNIOR-19

1	R4YAZ	179	179	28	5012
2	R8CI	181	181	26	4706
3	R4WCQ	121	121	27	3267
4	R4YBG	97	97	27	2619
5	RK1B	74	74	16	1184
6	UB3PEU	57	57	20	1140

MULTI-OP JUNIOR-13

1	R4DS	201	201	30	6030
2	RK4W	196	196	30	5880
3	UG5R	138	138	28	3864
4	RZ5Z	94	94	24	2256
5	R5AX	90	90	23	2070
6	RZ4PXP	79	79	21	1659

MULTI-OP JUNIOR-15

1	R6BW	208	208	26	5408
2	RW4O	166	166	28	4648
3	RK3IXB	138	138	27	3726
4	R3MAI	125	125	26	3250
5	UB3T	97	97	24	2328

MULTI-OP JUNIOR-19

1	RK4CYW	183	183	29	5307
2	R3HJ	184	184	28	5152
3	RK6HWP	175	175	25	4375
4	RD4FB	155	155	26	4030
5	RM3X	122	122	23	2806
6	R5AP	112	112	23	2576

По результатам соревнований среди молодёжи "Кубок им. А. С. Попова" выполнили норматив кандидата в мастера спорта 12 человек, первого спортивного разряда — 11, второго спортивного разряда — восемь, третьего спортивного разряда — два, второго юношеского спортивного разряда — три, третьего юношеского спортивного разряда — два спортсмена.

Технические результаты участников приведены в **таблице** по группам: занятое место, позывной, число подтверждённых связей, число очков за подтверждённые связи, множитель, итоговый результат. Полные технические результаты можно посмотреть по адресу **http://www.radio.ru/cq/contest/result/y_popov_cup_2025_tab_site.pdf** на сайте журнала "Радио", а также по адресу **https://srr.ru/wp-content/uploads/2025/11/Protokol_VS_KV-TLF_KubokPopova_2025.pdf** на сайте Союза радиолюбителей России.

Мемориал "Память" — 2025

В мемориале "Память", проводимом редакцией журнала "Радио" совместно с Союзом радиолюбителей России и Russian Contest Club, нет традиционных призов — кубков, медалей, плакеток. Основной смысл мемориала заключается в том, чтобы работой в эфире вспомнить ушедших из жизни радиолюбителей и чтобы, пусть только в контрольных номерах, вновь прозвучали позывные ушедших коротковолновиков. Победители и призёры мемориала получают лишь памятные дипломы редакции журнала "Радио".

Среди тех, кто работал телеграфом, наиболее активным был Леонид Радченко (RA5A) из г. Обнинска Калужской обл., участвовавший в мемориале в память о Владимире Макарове (RO5X). На втором месте — Денис Гаврин (RA9LT) из г. Тюмени, который работал в память об Андрее Гаврине (RU9LA), на третьем — Игорь Лившиц (UA3EDQ) из г. Орла, работавший в память об Александре Ткаченко (RU3EJ).

Владимир Мухин (RA3DAD) из г. Балашихи Московской обл., работавший в память о Викторе Магницком (RZ3DSD), оказался лучшим среди проводивших связи телефоном. В соревнованиях 2024 г. он также был лучшим в этой группе. На втором месте — Чермен Гулиев (UA3BL) из п. Власихи Московской обл., работавший в память об Александре Нилове (UA3QO). В прошлогодних соревнованиях он также занял второе место в этой группе. На третьем — Алексей Климкин (UA9URI), пгт Краснобродский Кемеровской обл., работавший в эфире в память об Анатолии Моисеенко (UA9USI).

У работавших телеграфом и телефоном на первом месте — Игорь Соколов (UA9CDC) из г. Екатеринбурга, участвовавший в мемориале в память о Михаиле Соколове (RW6AN). В соревнованиях 2024 г. он также был лучшим в этой группе. На втором — Евгений Иванов (RZ9UO) из г. Прокопьевска Кемеровской обл., участвовавший в мемориале в память о Борисе Ярыгине (RW9USA), на третьем — Кирилл Бессингер (R8CI) из г. Ирбита Свердловской обл., работавший в память о Викторе Чепурном (RK9CR).

Среди коллективных радиостанций наиболее активной была команда радиостанции ДОСААФ RZ9L из г. Тюмени, которая выступала в составе Владимира Ключарова и Алексея Зотова. Они работали в память об Андрее Гаврине (RU9LA). На втором месте — команда радиостанции UA4S из г. Волжска, Республика Марий Эл, которая выступала в составе Вадима Мухаметзянова, Алексея Романова, Виктора Загайнова и Олега Преловского, работавшая в память об Александре Тимченко (RA4SR), на третьем месте — команда коллективной радиостанции R0AK МБУ ДО "Центр творчества и развития "Планета талантов" из г. Ачинска Красноярского края в составе Фёдора Брязгина и Кирилла Гончара, работавшая в память о Викторе Липском (RA0AC).

В группе всех остальных станций с одним оператором (не работавших в память о друзьях и наставниках), работавших телеграфом, лучший результат показал Валерий Петров (RA4Y) из г. Чебоксары, Чувашская Республика, на втором месте — Михаил Михаленков (RN5AA) из г. Москвы, на третьем — Владимир Бруев (RN3AM) из г. Москвы.

Александр Серженюк (R5EO) из г. Ливны Орловской обл. оказался лучшим среди проводивших связи телефоном, на втором месте — Владимир Малеев (R3AAA) из г. Москвы, на третьем месте — Владимир Мартынов (UA4FDK), п. Башмаково Пензенской обл.

В группе работавших телеграфом и телефоном участвовали два спортсмена. Первое место занял Вячеслав Лосев (RA8AO) из г. Екатеринбурга. На втором месте — Нильс Громанн (Nils Grohmann, DO6AN) из г. Гамбурга, Германия.

В группе всех остальных станций с несколькими операторами был один участник — радиостанция радиоклуба ДОСААФ RA8T из г. Гай Оренбургской обл. в составе Геннадия Чаузова и Алексея Денисова.

В минувшем году в мемориале "Память" приняли участие около 150 радиолюбителей. Мы благодарим всех коротковолновиков, кто принял участие в этом мероприятии в эфире и прислал отчёты, для кого слова "память сердца" — это не пустой звук. Технические результаты участников приведены в **таблице** по группам: занятое место, позывной, заявленное число связей, подтверждённое число связей, итоговый результат.

SINGLE_OP MEMORY CW

1	RA5A	180	172	21181
2	RA9LT	163	162	20214
3	UA3EDQ	150	145	17696
4	RN3BL	165	138	17591
5	RC9A	153	142	17515
6	R7MM	137	134	16623
7	UA9AT	129	122	14898
8	RL3O	138	114	13990
9	UA3QGT	113	112	13935
10	RW0AJ	119	112	13829
11	RA3BQ	111	109	13622
12	UG4A	102	100	12093
13	UD8A	102	95	11434
14	UA4AQL	96	89	10577
15	RA3SI	95	82	10059
16	RN9RF	75	75	8875
17	RA9DZ	70	69	8710
18	RL9L	75	68	8433
19	YL3NU	74	64	8210
20	R1MJ	69	64	8193
21	RA3AM	69	61	7413
22	RW3AG	65	59	7300
23	RN4SC	60	56	6799
24	UA0OK	57	55	6761
25	UA6HFI	57	56	6584
26	RA3TT	53	51	6277
27	R1QE	52	47	5738
28	R1ZM	55	45	5635
29	R0QC	50	48	5610
30	RD1T	53	46	5500
31	DF5EN	41	39	4849
32	RW3AI	40	37	4654
33	RL9U	40	33	3944
34	R7KA	39	31	3592
35	R4WAE	29	28	3272
36	RU6DX	29	25	3048
37	RT1B	18	15	1859
38	4O7CC	18	15	1821
39	UA9XO	15	15	1815
40	UA0SBQ	13	13	1466
41	R2HL	12	11	1363
42	RA9AMC	13	10	1179
43	R6CW	15	11	1111
44	RM1F	8	8	919
45	RX3PR	7	7	851
46	R3VR	14	7	803

SINGLE_OP MEMORY SSB

1	RA3DAD	136	131	15300
2	UA3BL	135	122	14636
3	UA9URI	124	119	14369
4	RC5Z	125	113	13483
5	R9YBW	108	102	11950
6	RW3DU	101	97	11411
7	RZ9WU	107	97	11328
8	RZ8U	110	86	10318
9	RT1S	88	84	10041
10	R4FCJ	68	54	6643
11	RA9UAD	57	51	6056
12	RU6YA	50	45	5693
13	UA3DLD	48	46	5542
14	RW9UET	48	45	5385
15	RZ9UGN	46	41	4919
16	RA9RR	41	40	4696
17	R3DAJ	44	38	4584
18	R2DWG	39	36	4267
19	R9UDK	34	28	3389
20	RA6LIS	31	27	3308
21	R9WKA	27	27	3067
22	R6ZAA	29	24	2805
23	UA1ABJ	27	20	2453
24	R3WZ	23	19	2303
25	UA3PSV	22	17	2245
26	RV3DFC	15	14	1742
27	R2UZ	20	13	1551
28	R9UKE	15	11	1504
29	R0AH	11	11	1428
30	R2EL	13	10	1188
31	UA6YN	12	8	1050
32	UB4FFB	6	3	305
33	VR2ZQZ	3	2	295
34	R3DIQ	2	2	276

SINGLE_OP MEMORY MIX

1	UA9CDC	237	215	26660
2	RZ9UO	204	190	23138
3	R8CI	191	181	22296
4	RK8	173	169	20496
5	RT5C	170	152	18746
6	UN8PT	163	149	18029
7	UI8C	155	143	17208
8	RG7M	138	129	16366
9	RK3LC	136	125	15243
10	RK6O	126	124	14873
11	RL4A	119	112	13485
12	RN4SS	120	107	13128
13	R2BW	114	104	12883
14	UA6Y	104	90	11119
15	R5FQ	90	88	11055
16	RA7R	102	84	10612
17	UA3X	89	82	10185
18	RA4CL	85	82	9966
19	UA9CTT	86	77	9590
20	RT2H	79	74	9015
21	UA4HAZ	78	73	8924
22	RW0UM	92	75	8722
23	RG8U	77	73	8659
24	RL3T	69	66	8255
25	RA0AY	67	64	7771
26	EW8G	58	52	6467
27	RF9C	50	47	5792
28	UD3B	55	46	5650
29	UA9XX	50	41	5396
30	R3LA	42	40	5050
31	UA4CNJ	42	38	4759
32	RA3VE	35	32	3830
33	RD3FI	32	28	3456
34	R9QQ	15	14	1720
35	UD1I	11	10	1311
36	RV1AQ	14	9	1156

MULTI_OP MEMORY

1	RZ9L	246	238	29323
2	UA4S	209	198	24402
3	R0AK	161	151	18780
4	R8VV	93	90	10910
5	RK9CYA	44	37	4590
6	RC9FC	39	34	3967
7	UB3T	17	15	1891
8	R3EDV	20	11	1374
9	R0LG	4	1	162

SINGLE_OP CW

1	RA4Y	143	138	16855
2	RN5AA	97	87	10764
3	RN3AM	63	57	6990
4	RC2R	33	29	3503

SINGLE_OP SSB

1	R5EO	96	92	11032
2	R3AAA	80	79	9330
3	UA4FDK	76	73	8711
4	R3LCV	20	19	2471
5	RA9XSL	5	5	617
6	ES1AMI	1	1	123

SINGLE_OP MIX

1	RA8AO	63	59	7183
2	DO6AN	4	2	246

MULTI_OP

1	RA8T	58	52	5881

CHECKLOG

DL1NKB

РАДИО
начинающим
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ

Универсальные ЗУ для Li-Ion аккумуляторов на модулях TP4056

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В настоящее время выбор Li-Ion аккумуляторов очень большой, и они широко используются для питания различной автономной аппаратуры. Если аккумулятор встроенный, он обычно снабжён и зарядным устройством (ЗУ), большинство которых питаются напряжением 5 В. Если аккумулятор съёмный, для него необходимо соответствующее ЗУ, обеспечивающее его зарядку.

Для изготовления универсального ЗУ для Li-Ion аккумуляторов разных типоразмеров можно использовать модуль FC-75 [1] (или аналогичный) на основе микросхемы TP4056 или её аналога. Этот модуль (**рис. 1**) не имеет узла защиты от чрезмерной разрядки аккумулятора, но в таком ЗУ без него можно обойтись. Об использовании такого модуля в сильноточном ЗУ было рассказано в [2, 3]. Особенностью модуля FC-75 является то, что максимальный ток зарядки можно установить подборкой резистора $R_т$ (кОм) = 1,2/$I_з$ (А). Это — важный момент, поскольку максимальный ток зарядки аккумулятора зависит от его ёмкости. Поэтому нельзя заряжать все аккумуляторы током 1 А. Устанавливая резистор $R_т$ с разным сопротивлением, можно получить требуемый зарядный ток.

Так и сделано в ЗУ, схема которого показана на **рис. 2**. Оно содержит модуль FC-75, несколько держателей аккумуляторов и переключатель максимального зарядного тока, выполненный на основе перемычек. Модуль потребует небольшой доработки. Надо аккуратно с помощью паяльника удалить резистор $R_т$ и припаять тонкий обмоточный провод к освободившейся площадке, идущей к выводу 2 микросхемы TP4056. Второй конец провода припаивают к общей точке соединения резисторов R1—R4. Число резисторов и перемычек может быть любым, в зависимости от ёмкости заряжаемых аккумуляторов. Число держателей аккумуляторов тоже может быть любым, поскольку все они соединены параллельно. Но следует учесть, что максимальный ток зарядки у этой микросхемы ограничен. Он не может быть более 1 А, поскольку микросхема может сильно разогреваться, что автоматически приводит к уменьшению тока. С другой стороны, он не может быть менее 30...35 мА.

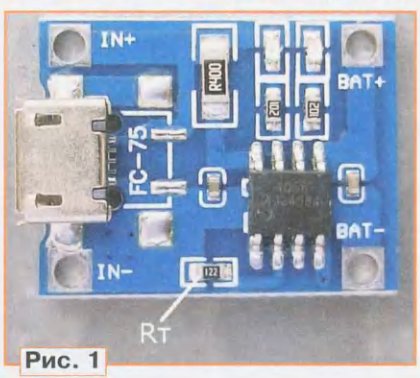


Рис. 1

Это ЗУ было адаптировано для зарядки Li-Ion аккумуляторов типоразмера 18650, 10440 и 2032 (LIR2032). Для первого типоразмера подойдёт ток зарядки 1 А и 0,5 А, для второго — 0,1 А,

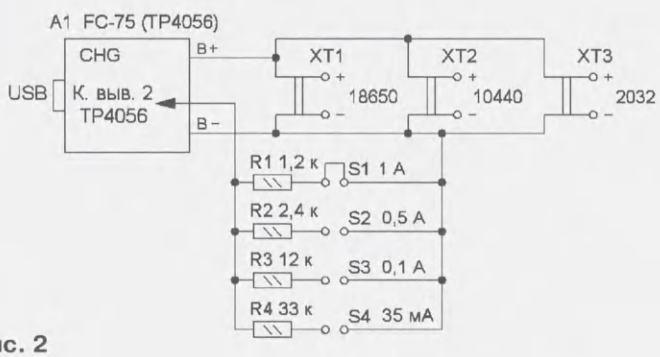


Рис. 2

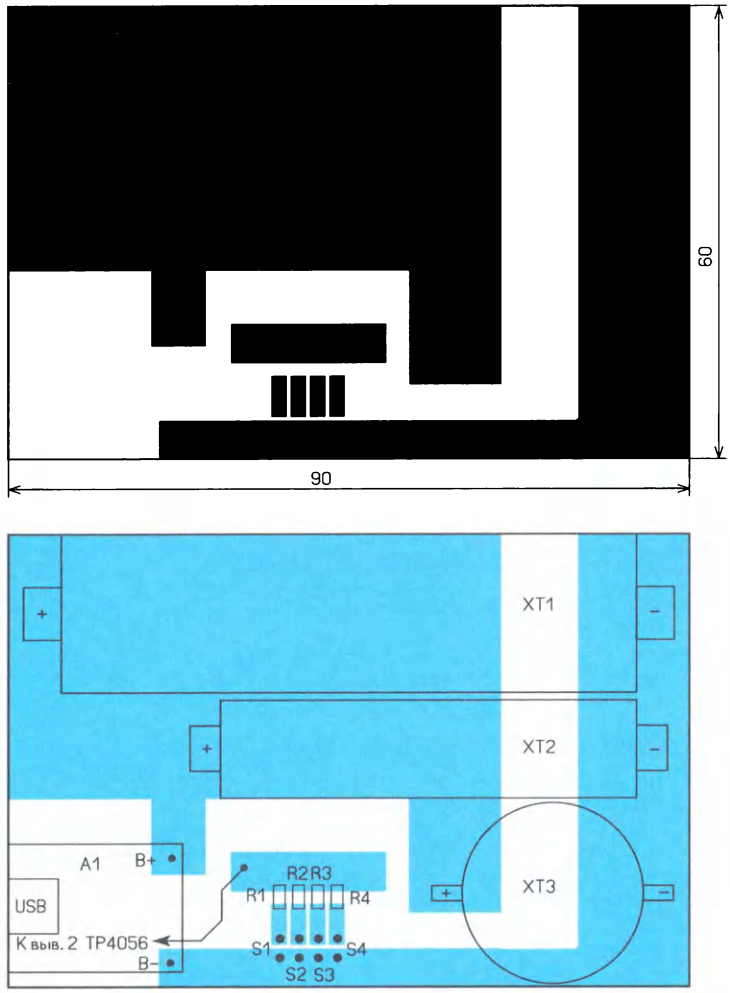


Рис. 3

для третьего — 35 мА (хотя рекомендуемый ток для LIR2032 — 20 мА).

Для этого варианта и была разработана печатная плата, чертёж которой показан на **рис. 3**. Использован односторонний фольгированный стеклотекстолит толщиной 2 мм, чтобы плата была достаточно жёсткой. Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 4**. Применены держатели аккумуляторов [4, 5] и резисторы для поверхностного монтажа, перемычки выполнены на основе разъёма PLD-2.

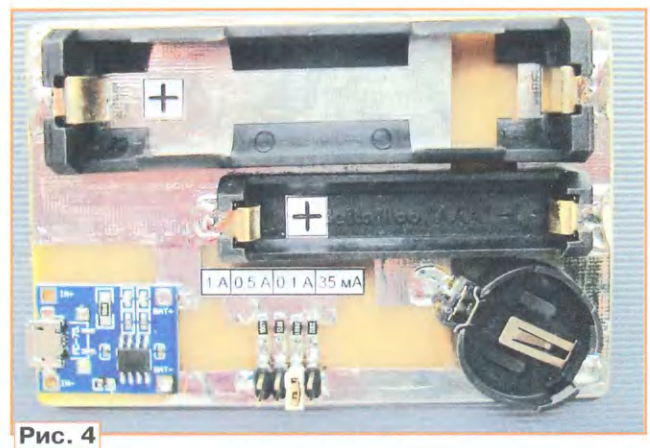


Рис. 4

Одна из проблем, которая возникает при зарядке аккумулятора малой ёмкости от модуля FC-75, — необходимость уменьшения максимального зарядного тока. В ЗУ, описание которого приведено выше, это сделано за счёт переключения токозадающего резистора $R_т$. Но можно ли это сделать за счёт включения токоограничивающего резистора последовательно с заряжаемым аккумулятором? Такое включение, конечно же, нарушит штатный режим зарядки (это нам и нужно), но максимальное напряжение, до которого заряжается аккумулятор, не изменится и останется 4,2 В.

Поэтому были проведены эксперименты для исследования такого варианта уменьшения зарядного тока. Для этого к выходу модуля FC-75 последовательно с Li-Ion аккумулятором типоразмера 10440 ёмкостью 300 мА·ч, который разряжен до напряжения 3,3 В, установлен резистор сопротивлением 5 Ом. В начальный момент времени зарядка идёт постоянным током около 150 мА, выходное напряжение модуля — 4,15 В, включён светодиод красного свечения (зарядка). Когда аккумулятор зарядился до напряжения около 3,7 В, дополнительно включился светодиод синего свечения (окончание зарядки). При этом ток зарядки уменьшился до 66 мА, а выходное напряжение модуля стало пульсирующим (**рис. 5**). Объясняется это тем, что когда общее напряжение на токоограничивающем резисторе и аккумуляторе достигает 4,2 В, зарядка прекращается, включается светодиод синего свечения, и напряжение на выходе уменьшается до напряжения аккумулятора, после чего зарядка возобновляется. Частота пульсаций определяется ёмкостью конденсатора на выходе модуля (измерено — около 10 мкФ) и сопротивлением токоограничивающего резистора. Таким образом, ток зарядки пульсирующий.

Такой режим зарядки подошёл бы, если не одно "но". При напряжении аккумулятора 3,83 В зарядный ток с 42 мА резко уменьшился до 8 мА. Оказалось, что на выходе модуля на фоне постоянного напряжения появились периодические затухающие колебания (**рис. 6**). Устранить этот эффект удалось установкой на выходе модуля оксидного конденсатора ёмкостью 470 мкФ, колебания исчезли, ток зарядки восстановился. По мере зарядки он плавно уменьшается. И при напряжении аккумулятора около 4 В на выходе модуля FC-75 присутствует постоянное напряжение с пульсациями (**рис. 7**). По мере дальнейшей зарядки амплитуда пульсаций практически не изменяется, а их частота уменьшается.

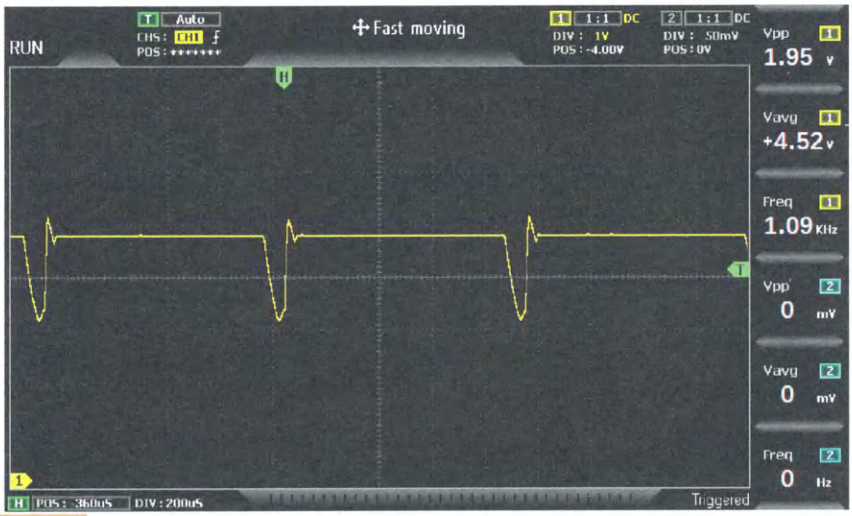


Рис. 5

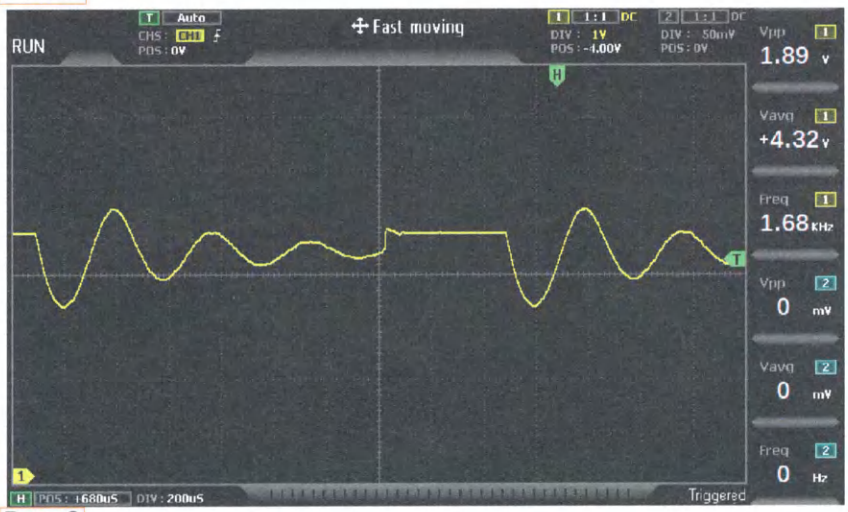


Рис. 6

Рис. 7

Но есть ещё одна "неприятность" — одновременное свечение двух светодиодов. В таком случае может быть затруднительно определить окончание зарядки. Но, как показала практика, эта "неприятность" — самоустраняющаяся. Дело в том, что светодиод красного свечения светит не постоянно, а вспыхивает с частотой пульсаций. Когда частота более 50 Гц, кажется, что он светит постоянно. Но по мере зарядки аккумулятора частота вспышек уменьшается, и когда она приближается к завершению, мигание становится заметным. При полностью заряженном аккумуляторе ("по мнению" микросхемы TP4056) вспышки светодиода красного свечения становятся очень редкими, даже менее 1 Гц. Так можно определить окончание зарядки. Светодиод синего свечения при этом постоянно включён.

Следует отметить, что в штатном режиме модуля FC-75 при отсутствии заряжаемого аккумулятора светодиод красного свечения вспыхивает с частотой несколько герц. А при установке на выходе конденсатора емкостью 470 мкФ частота уменьшается более чем на порядок.

Схема ЗУ с таким вариантом зарядки для тех же аккумуляторов показана на **рис. 8**. Она оказалась проще, поскольку не требуются переключатели зарядного тока. Зарядка начинается сразу после установки аккумулятора (одного) в соответствующий держатель. Максимальный ток зарядки можно установить подборкой токоограничивающих резисторов по приближённой формуле $R = (U_{вых} - U_{ак})/I_{макс}$, где $U_{вых} = 4{,}2$ В, $U_{ак}$ — минимальное напряжение аккумулятора, например 3,3 В. Таким образом, при R = 5 Ом зарядный ток будет $I_{макс} = (U_{вых} - U_{ак})/R$ = 180 мА, но поскольку зарядка пульсирующая, средний ток зарядки будет меньше, около 150 мА.

Чертёж печатной платы этого варианта ЗУ показан на **рис. 9**. Применены такие же элементы, как и в первом варианте. Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 10**.

В таком варианте ЗУ аккумулятор заряжается не до 4,2 В, а до меньшего на 0,5...0,1 В напряжения. Для аккумулятора это не вредно, поскольку запасённая энергия мало отличается от максимально возможной, а в некото-

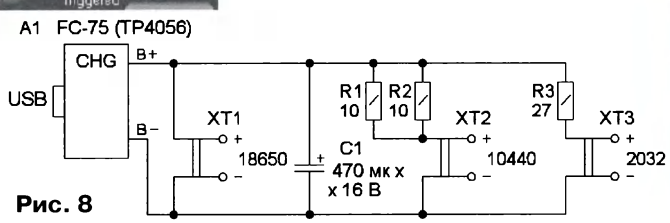
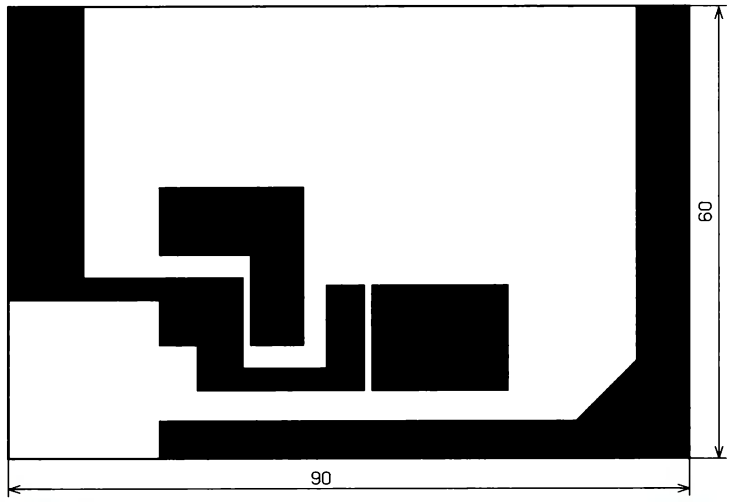


Рис. 8



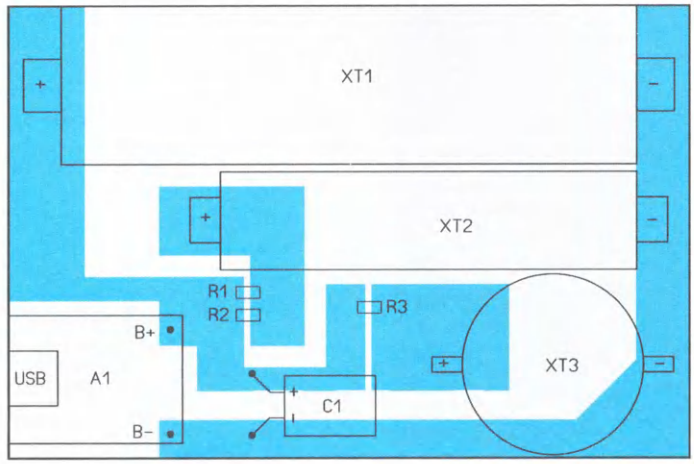


Рис. 9

сальное, его универсальность ограничивается тем, что в его держатель с подвижным контактом можно устанавливать аккумуляторы от типоразмера 104400 до 18650 (длиной от 35 мм до 72 мм).

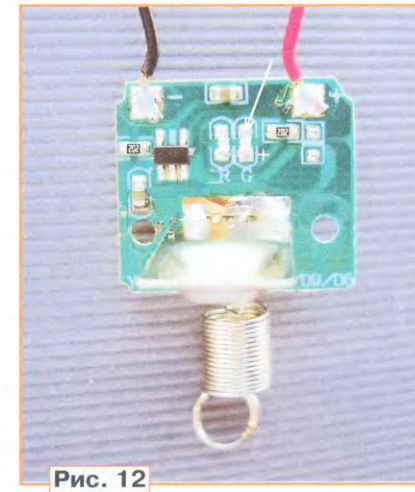


Рис. 12

Если применить токопроводящие вставки, в держатель можно установить и более короткие аккумуляторы.

Это ЗУ собрано на микросхеме LTH7R (аналог — микросхема LTC4054), и у него максимальный ток — 0,5 А, а это подходит не для всех аккумуляторов. Проведя небольшую доработку самого ЗУ и изготовив несложные дополнительные вставки, можно сделать его по-настоящему универсальным. Алгоритм работы микросхемы LTH7R во многом аналоги-

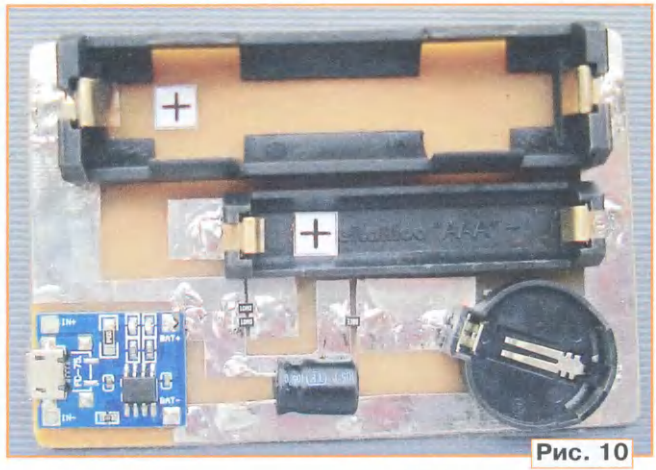


Рис. 10

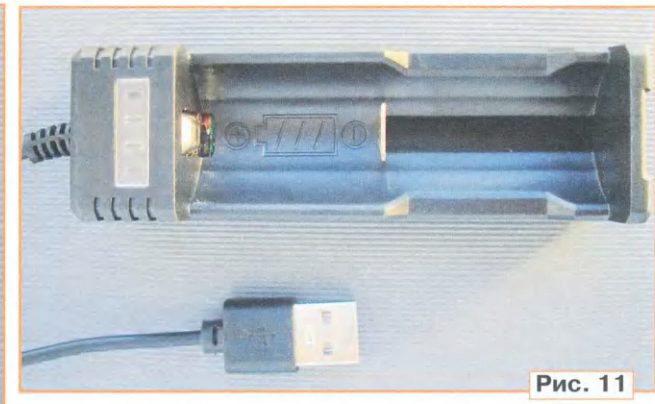


Рис. 11

рых случаях полезно. Дело в том, что есть мнение, что заряжать аккумулятор до максимального напряжения нецелесообразно. Кроме того, у микросхем серии TP4056 из-за разброса параметров верхний предел напряжения зарядки аккумулятора может достигать 4,263 В [6], что нежелательно.

Выше было приведено описание самодельных универсальных ЗУ, но подобно второму варианту можно доработать и промышленно выпускаемые недорогие ЗУ. Примером может служить ЗУ, показанное на **рис. 11**. Хотя оно и позиционируется как универ-

чен работе микросхемы TP4056. У этого ЗУ светодиоды установлены на плате (**рис. 12**), которая расположена далеко от прозрачного окна-вставки, поэтому увидеть вспышки светодиода красного свечения затруднительно, особенно на фоне зелёного светодиода. Надо отметить, что маркировка светодиодов перепутана, буквой G обозначен све-

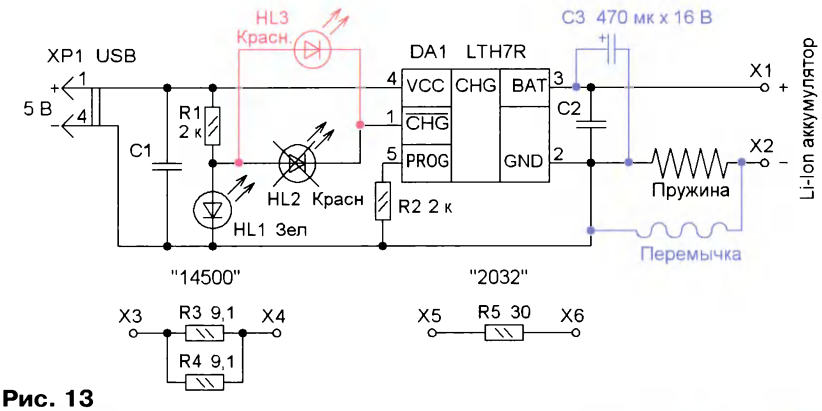


Рис. 13

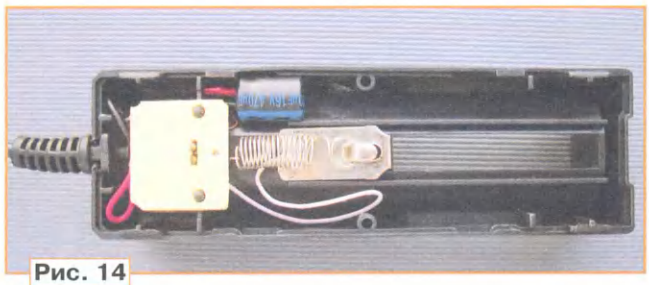


Рис. 14

Рис. 15

тодиод красного свечения, а буквой R — зелёного.

Схема ЗУ и его доработки показаны на **рис. 13**. Одна из этих доработок обязательная, вторая — по желанию. Чтобы были видны вспышки светодиода красного свечения, его надо разместить на верхней поверхности пружины с механическим контактом в виде петли. Такое соединение ненадёжно и имеет большое переходное сопротивление — до 2 мм, резисторы — для поверхностного монтажа типоразмера 1206. Через отверстие соединяют металлизированные участки отрезком лужёного провода. Вставляют плату между аккумулятором и неподвижным контактом ЗУ (**рис. 17**).

Для зарядки Li-Ion аккумулятора типоразмера 2032 потребуется изготовить вставку-переходник, её схема показана на рис. 13 (X5, X6), а конструкция — на **рис. 18**. Её основой является пластмассовая трубка, на концах которой приклеены шайбы из

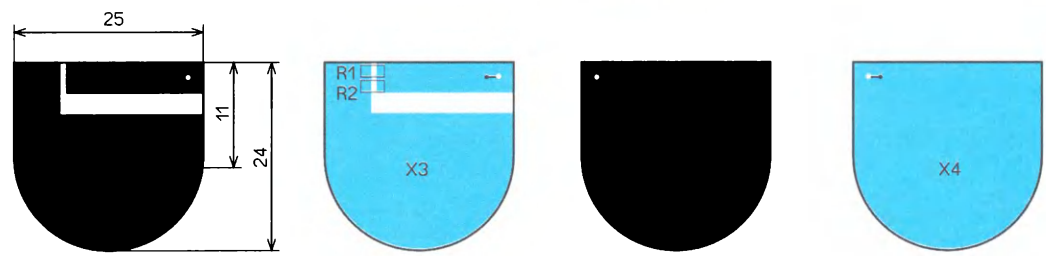


Рис. 16

ЗУ. Светодиод HL3 должен быть красного свечения повышенной яркости с диаметром корпуса 3 мм. Светодиод, указанный на рис. 12 стрелкой, удаляют и к освободившимся площадкам припаивают тонкие обмоточные провода, которые затем припаивают к выводам нового светодиода. Для него делают отверстие рядом с прозрачным окном.

Дополнительно можно припаять гибкий провод между общим проводом платы и подвижным контактом [7]. Дело в том, что соединение между ним и платой выполнено с помощью стальной 0,5...0,7 Ом. Дополнительный провод устраняет этот недостаток (**рис. 14**). Конденсатор C3 размещён в свободном месте корпуса и соединён с платой отрезками проводов.

Для зарядки Li-Ion аккумуляторов типоразмера 10440 и аналогичных по типоразмеру надо изготовить двухстороннюю печатную плату в виде прокладки (**рис. 15**). Схема этой платы показана на рис. 13 (контакты X3, X4). Чертёж платы показан на **рис. 16**, она изготовлена из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1 мм. Предварительно в центре каждой шайбы сверлят отверстие и к одной из них припаивают резистор R5. Ко второму выводу резистора припаивают удлиняющий провод. Шайбу с припаянным резистором с помощью секундного клея приклеивают к одной стороне трубки. Удлиняющий провод припаивают ко второй шайбе и затем её также приклеивают к трубке. Вставку размещают между неподвижным контактом ЗУ и аккумулятором (**рис. 19**). Не забывайте соблю-

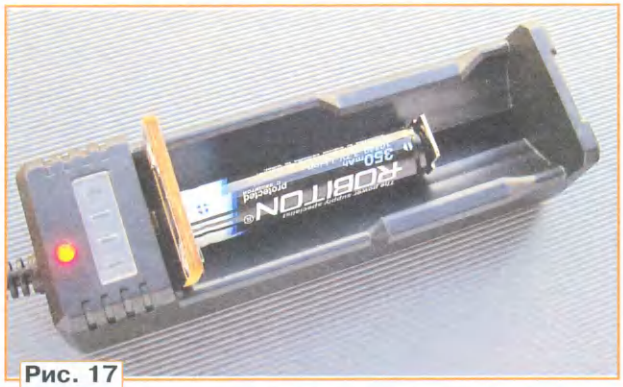


Рис. 17

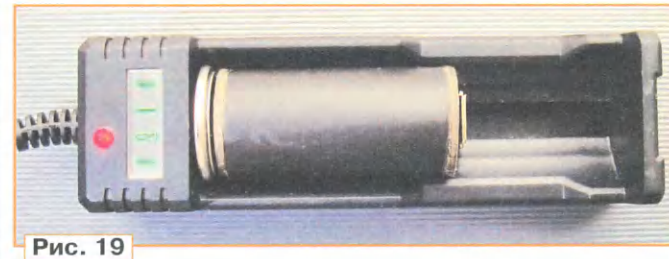


Рис. 19

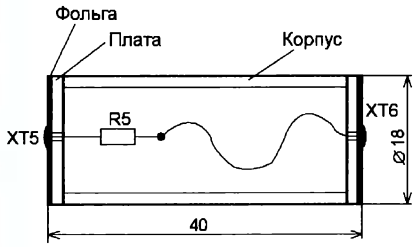


Рис. 18

дать полярность подключения аккумулятора!

Следует отметить, что номенклатура аналогичных ЗУ широка, они могут быть построены на других специализированных микросхемах, поэтому предложенный способ зарядки может не подойти, в первую очередь из-за другого режима индикации, например, трудно будет определить окончание зарядки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Модуль TP4056. — URL: **https://beriled.biz/data/files/tp4056new.pdf** (06.11.25).

2. **Нечаев И.** Доработки модулей зарядки на микросхеме TP4056. — Радио, 2024, № 12, с. 53—57.

3. **Нечаев И.** Модуль на микросхеме TP4056 заряжает разные аккумуляторы. — Радио, 2025, № 1, с. 60—63.

4. Держатель батарей AA SZEKS. — URL: **https://clck.ru/3NLpw5** (26.11.25).

5. AAA держатель батареи SMD. — URL: **https://clck.ru/3NLpxr** (26.11.25).

6. TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8. — URL: **https://clck.ru/3QBRKT** (26.11.25).

7. **Нечаев И.** Доработка ЗУ для Li-ion аккумуляторов. — Радио, 2026, № 2, с. 28, 29.

От редакции. *Чертежи печатных плат находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2026/03/zu.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Часы на Arduino Uno и LCD1602 с большими цифрами

Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.

Речь в статье пойдёт о часах с буквенно-цифровым дисплеем, способным отображать две горизонтальные строки по 16 символов в каждой. Коды большинства символов, а их 190, заранее записаны в память модуля дисплея, поэтому их начертание и размер невозможно изменить. Исключение составляют восемь самописных символов размерами 5×8 пикселей, которые возможно перезаписывать в память модуля дисплея. Таким образом, дисплей позволяет одновременно отображать не более восьми авторских символов в любом знакоместе экрана. Тем не менее, этого вполне достаточно для разработки ряда собственных фонтов крупных цифр в альбомной или книжной ориентации экрана, которые могут быть полезны для отображения различной информации. Несмотря на ограниченные графические возможности, используемый тип дисплея продолжает пользоваться спросом из-за ценовой доступности, простоты использования, надёжности в работе и распространённости.

Автор попробовал адаптировать такой дисплей для работы в часах с выводом числовых значений часа, минут и секунд, разделённых двоеточием, с возможностью размещения модуля вертикально или горизонтально. Примеры получившихся вариантов символов показаны на **рис. 1**, а внешний вид макета часов в картонном футляре — на **рис. 2**. В этих примерах реализованы цифры размером в два, три, четыре и шесть знакомест. Дополнительно на плате дисплея 1 размещён модуль адаптера 4 для двухпроводной шины I^2C с чипом PCF8574. Его наличие в приобретённых экземплярах существенно сокращает число соединений с выводами модуля Arduino. Перемычка 2 на плате модуля дисплея коммутирует светодиод подсветки дисплея, переменный резистор 3 регулирует контрастность изображения, вплоть до его полного исчезновения.

Схема часов показана на **рис. 3**. Питаются они от сетевого адаптера или ЗУ сотового телефона с выходным напряжением 5 В и выходным током не менее 250 мА, подключённого к

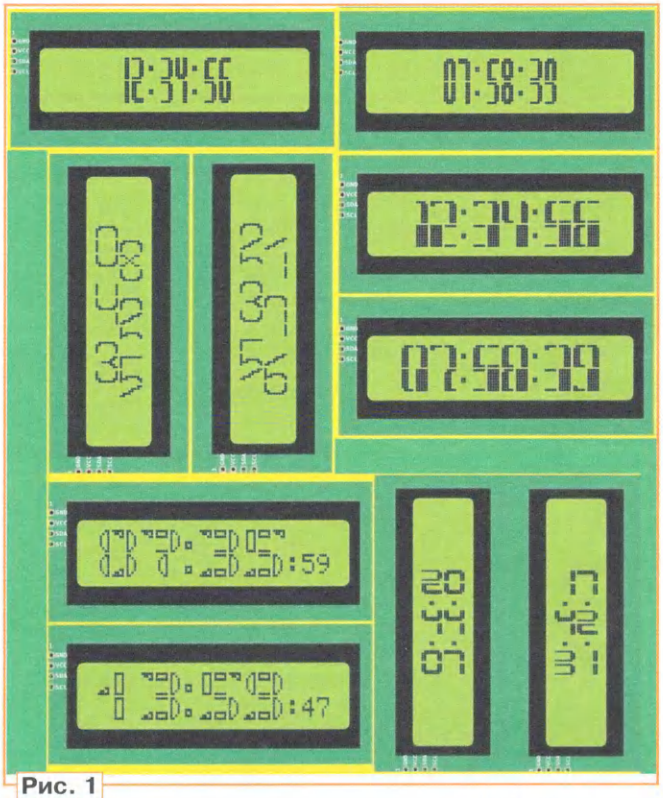


Рис. 1

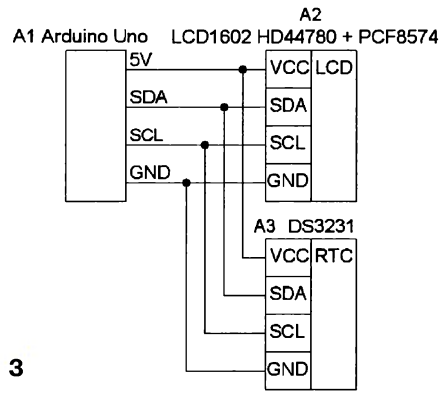


Рис. 3

часами необходимо предварительно подключить к модулю батарею питания CR2032 с номинальным напряжением 3 В. А затем, используя пример-скетч из библиотеки **DS3231.h** — **set_echo_.ino**, установить значение текущего времени по дате, часам, минутам и секундам. При разработке собственного варианта фонта удобнее при написании скетча пользоваться вариантом имитации часов с использованием функции **delay();**, задавая секундные паузы-шаги вблизи значения аргумента 1000, к примеру, скетч **lcd1602_tsch33.ino**. Конечно, точность хода таких часов невелика, но на этапе макетирования вполне достаточна.

Основой для проведённых экспериментов послужили публикации [1, 2]. Для получения массива данных самописного символа-фрагмента цифры удобно пользоваться онлайн-генератором из [3], а отсматривать числовые сочетания на дисплее удобнее с помощью симулятора из [4], имитируя работу модуля Arduino и дисплея. Для написания скетчей примеров использовались основные функции из библиотеки **LiquidCrystal_I2C.h**:

lcd. createChar(i,massiv);// создать символ по данным из массива в ячейке под номером i

lcd.setCursor(i, j);// установить курсор в i знакоместо j строки

lcd. write (i) ;// вывести символ из таблицы под номером i

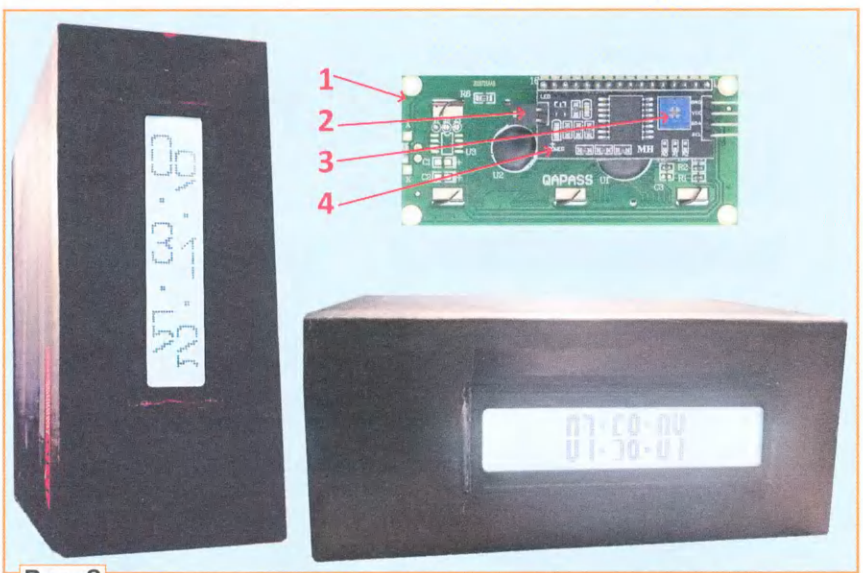


Рис. 2

USB-разъёму модуля Arduino. Для варианта часов на две темы (см. рис. 2) с псевдослучайным выбором при включении питания используется скетч **lcd1602_tsch333.ino**.

Модуль А3 (см. рис. 3) — это часы реального времени с полным названием по применённым микросхемам в составе (модуль памяти DS3231 AT24C32 IIC Precision RTC в реальном времени ZS-042 для Arduino). Для его успешной работы в опытах с

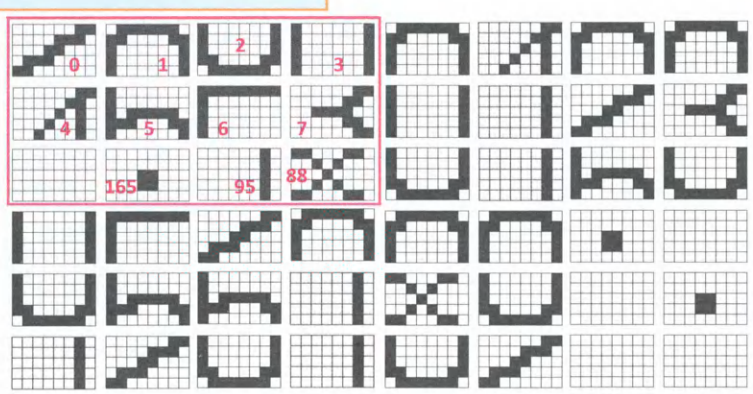


Рис. 4

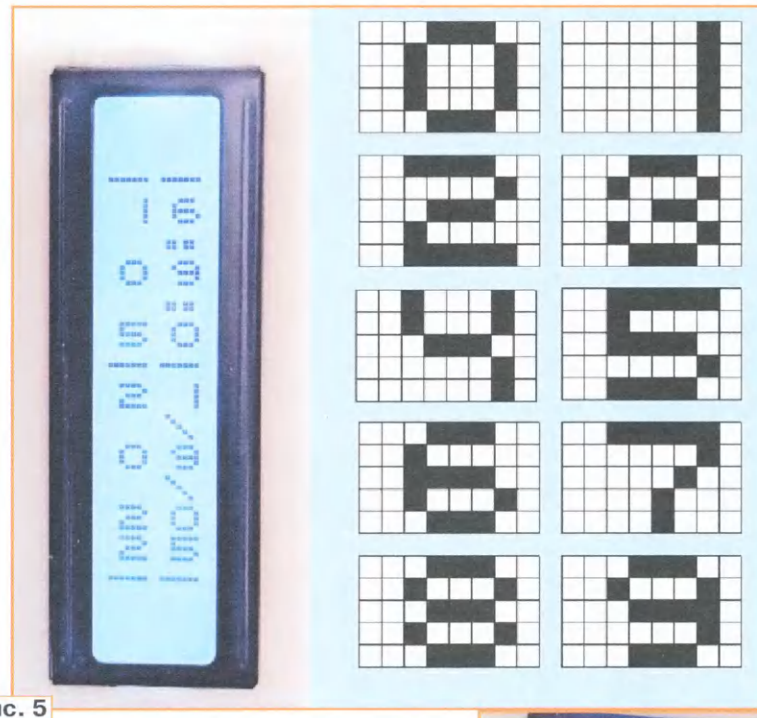


Рис. 5

и самописные вариации функции

zifra(byte zif,byte poz) // функция вывода цифры 0-9 по позиции 0-15

Для удобства создания желаемого фонта можно пользоваться сеткой знакомест (**рис. 4**). В левом верхнем углу расположены фрагменты-символы, справа и внизу отрисованы получающиеся цифры. Самописные символы попадают в таблицу из [1] под номерами 0—7, имеющиеся выбираются по их номерам 33—127, 161—255 (таблица приложена к файлам проекта). Для создания двоеточия автор использовал вшитый символ под номером 165, а для отрисовки цифры 8 — символ под номером 88.

Конечно, для создания полноценного варианта часов с вертикальной ориентацией дисплея желательно иметь набор цифр размером в одно знакоместо. Выйти из положения можно, используя имеющиеся символы под номерами 111 и 95, похожие на цифры 0 и 1 в соответствующей ориентации дисплея. Остальные символы легко дорисовать пикселями в размере 5×5 точек (**рис. 5**). Такой вариант отображения дополнительно содержит данные о числе, месяце и текущем годе (скетч — **lcd1602_11.ino**).

В случае использования дисплея с синим фоном и белыми знаками (1, 2 на **рис. 6**) следует

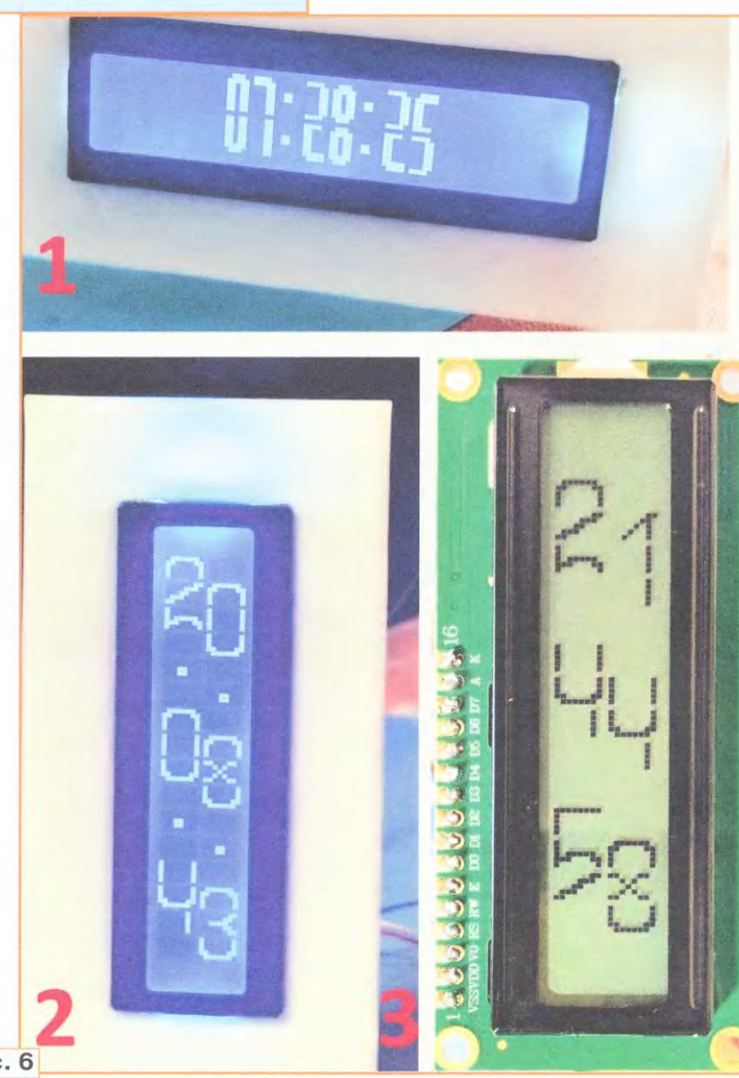


Рис. 6

отметить его недостаток. При отключённом светодиоде подсветки цифры становятся практически нечитаемыми при любом уровне контрастности, в отличие от чёрно-белого дисплея 3. Ещё один недостаток таких дисплеев — отсутствие возможности регулировки яркости подсветки.

При макетировании часов было замечено, что в вечернее время чрезмерно яркая подсветка светодиода дисплея и неуместность цвета его свечения (белый) не совсем подходят. Поиск по Интернет-ресурсам статей о подсветке ЖК-дисплеев навёл на интересные варианты её реализации некоторыми производителями. На **рис. 7** представлены найденные вариации использования RGB-подсветки. Однако доступность таких дисплеев и распространённость в использовании весьма ограничена. А вариант радужной подсветки оказался не более чем рек-

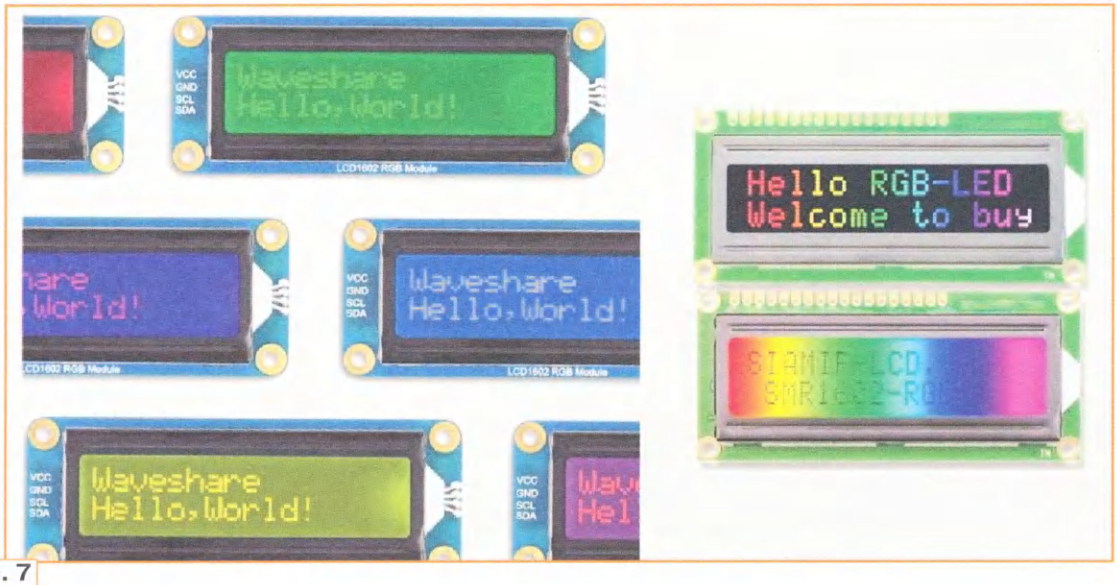


Рис. 7

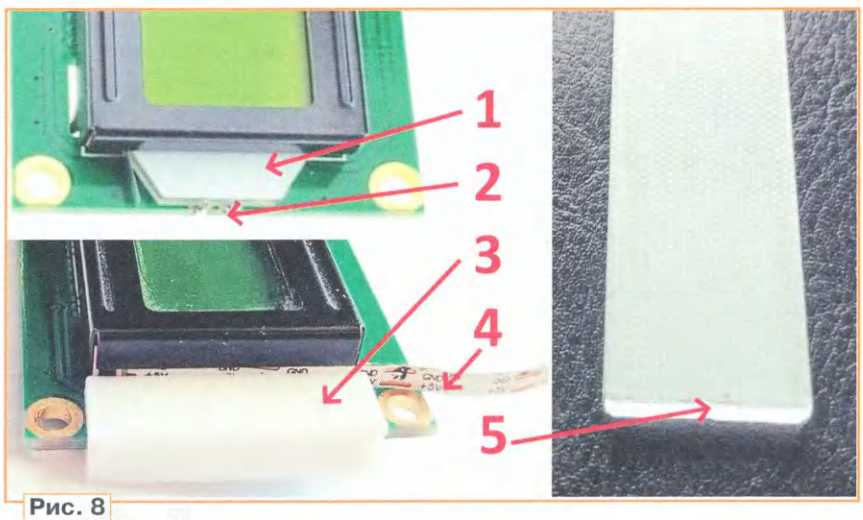


Рис. 8

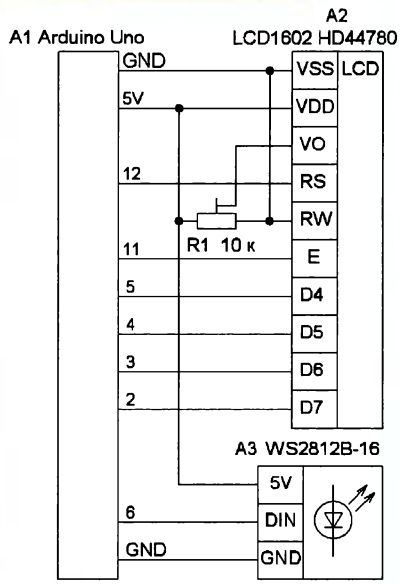


Рис. 9

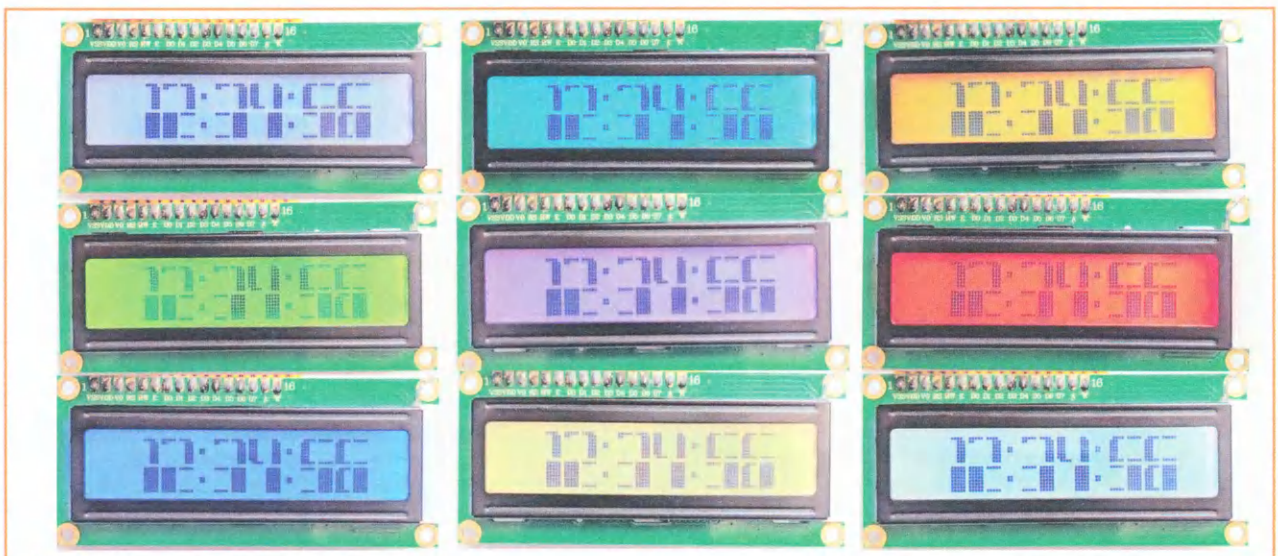


Рис. 10

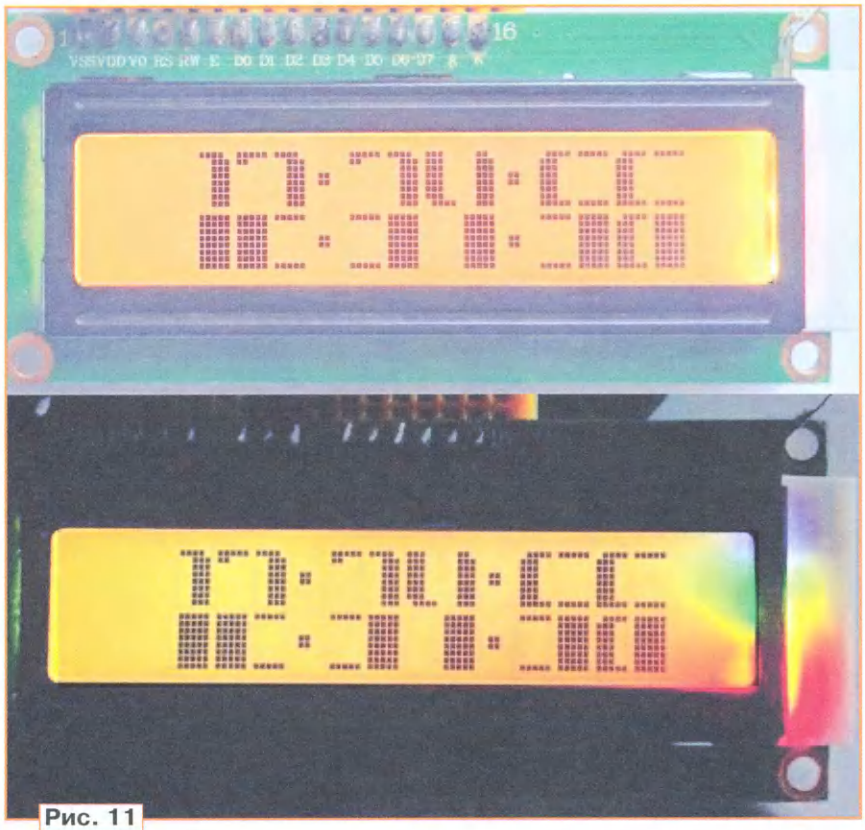


Рис. 11

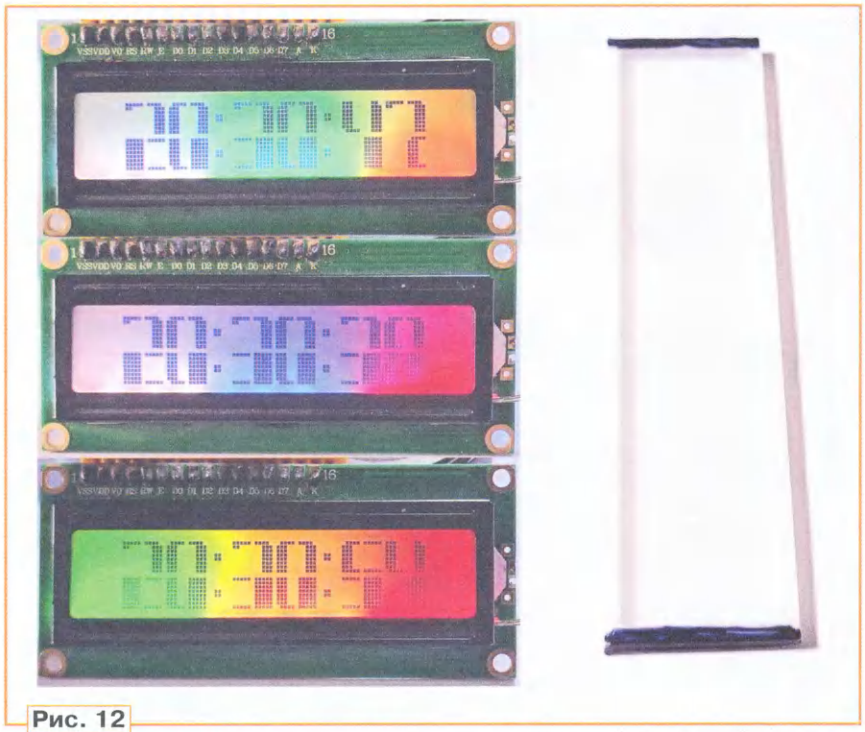


Рис. 12

ламным ходом продавца. Тогда по подсказке участников форума **Arduino.ru** было принято решение самостоятельно аппаратно модернизировать подсветку модуля, взяв за основу доступный ЖК-дисплей LCD1602 на базе чипа HD44780 с зелёно-жёлтым светофильтром и параллельной четырёхразрядной записью данных. В качестве источника света был выбран отрезок ленты адресных с 16-ю светодиодами WS2812b шириной 2,7 мм с шагом 6,25 мм.

Этапы доработки конструкции дисплея поясняет **рис. 8**. Сначала отпаивают выводы светодиода 2 подсветки, одновременно отгибая их с помощью жала паяльника вверх приблизительно на угол 90 градусов. Затем, захватив выводы пассатижами, с усилием вытягивают призму-рассеиватель 1. Светодиод аккуратно выламывают, выступающий край рассеивателя стачивают на точиле до ширины призмы 5. При этом аккуратно срезают образующиеся излишки боковой фольги-отражателя и полоски рассеивателя 1. Устанавливают призму обратно. Прикладывают к её торцу три крайние светодиода ленты 4 и фиксируют их с помощью задвижки 3, напечатанной на 3D-принтере.

Схему для опытов собирают в соответствии с **рис. 9**, питая модули от ПК через USB-порт модуля Arduino Uno. Резистор R1 регулирует контрастность изображения. Для написания скетчей автор пользовался встроенной в Arduino IDE библиотекой **LiquidCrystal.h**. Пример скетча — **lcd1602_16_1.ino**. Подбирая различные значения компонент R, G и B, можно менять цвет подсветки. Следует отметить, что наличие собственного светофильтра дисплея существенно искажает итоговый цвет свечения фона выводимых чисел макета часов. На **рис. 10** показаны варианты подсветки по элементам слева направо сверху вниз для компонент R, G и B со значениями:

100,30,100
0,50,100
100,15,0
100,100,0 (ожидаемый жёлтый)
100,0,100
255,0,0
0,0,255
150,50,20
150,75,100

Внося поправки в числовые значения, можно получить весьма близко жёлтый цвет при значениях 150,50,65 (**рис. 11**). Если разделить компоненты цвета отдельно по трём пикселям (рис. 11 внизу), рассеиватель смешает цвета в своём объёме практически без искажений. С одной стороны, это хорошо, с другой — полностью исключает вариант реализации подсветки (см. рис. 7 справа). Светофильтр дисплея меняет восприятие

цвета даже при пропорциональном изменении компонент. Но качество рассеивателя позволяет регулировать яркость при сохранении цвета за счёт изменения числа светящихся светодиодов в ленте, т. е. реализуется четырёхступенчатая регулировка (светят один, два, три или четыре светодиода).

Для реализации радужного эффекта, например, для визуального разделения часов, минут и секунд (**рис. 12** слева) на 3D-принтере был напечатан рассеиватель (рис. 12 справа). Для устранения боковой засветки желательно торцы рассеивателя закрасить чёрной краской. В этом варианте светодиодную ленту вставляют внутрь дисплея, вдоль нижней боковой грани на длину в 11 светодиодов. Далее вставляют рассеиватель, который прижимает ленту с небольшим усилием к внутренней боковой поверхности дисплея. Пример скетча для проведения экспериментов — **lcd1602_16_1_bl.ino**.

При печати элементов были использованы следующие настройки принтера: высота слоя — 0,2 мм; ширина линии — 0,4 мм; плотность заполнения — 20 %; поддержка — да, температура сопла — 190 °С; температура стола — 50 °С; тип прилипания к столу — кайма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выводим символы на дисплей LCD 1602 и LCD 2004. — URL: **https://portal-pk.ru/news/313-vyvodim-simvoly-na-displei-lcd-1602-i-lcd-2004.html** (21.09.25).

2. Small display BIG DIGITS project. — URL: **https://github.com/upiir/character_display_big_digits** (21.09.25).

3. Генератор символов для LCD дисплеев. — URL: **https://focma.com/symgen/** (21.09.25).

4. Wokwi. Онлайн-симулятор Arduino. — URL: **https://wokwi.com/projects/441902884590136321** (21.09.25).

От редакции. *Файлы проекта и видеоролики, иллюстрирующие работу устройства, находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2026/03/clock.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Викторина

"Платы расширения фирмы Arduino"

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

Arduino — это не только линейка популярных микроконтроллерных модулей, но и название фирмы, которая выпускает платы различного назначения. В их числе шилды (schield) и "обратные" шилды (carrier). Первые из них представляют собой платы расширения (ПР), которые вставляются в разъёмы модулей Arduino. Вторые, наоборот, являются материнскими базовыми платами, в которые вставляются модули Arduino, в частности, из семейств MKR, Nano, Portenta.

Платформа Arduino была разработана в Италии в 2005 г. преподавателем университета Массимо Банци для своих студентов. Но массовое производство по всему миру модулей и ПР к ним было запущено в 2008 г. фирмами Arduino LLC и Arduino SRL. После их слияния в 2016 г. появился холдинг Arduino AG, который в конце 2025 г. был выкуплен американской фирмой Qualcomm.

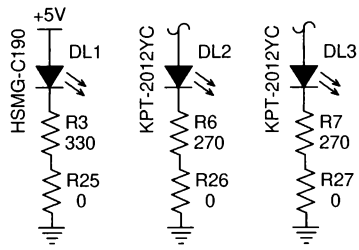
Популярность Arduino обусловлена простотой эксплуатации, доступной ценой и низким порогом вхождения в мир программирования. Философия Arduino на бытовом уровне — электронике можно научиться раньше, чем освоить алгебру в школе.

Оригинальные модули и шилды Arduino с фирменным **логотипом** и надписью "Made in Italy" считаются качественной, но дорогостоящей продукцией. Их китайские клоны гораздо дешевле и разнообразнее по функционалу. Видимо, поэтому фирма Arduino выпускает мало ПР для классических модулей UNO, Mega, Zero, сосредоточив усилия на сложных ПР профессионального уровня.

Файлы электрических схем и разводки печатных плат доступны на сайте **https://docs.arduino.cc/hardware/** в разделе Downloadable resources для каждого конкретного изделия. Схемы нарисованы разными авторами в разных системах проектирования, поэтому общей унификации и узнаваемости не наблюдается. В редких случаях схемы в свободном доступе отсутствуют, что связано с лицензионными ограничениями сторонних разработчиков.

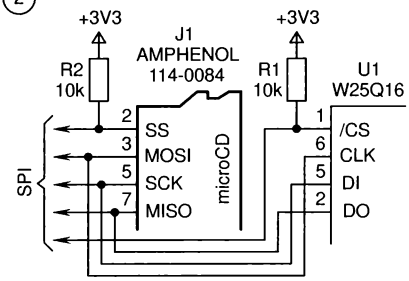
В **таблице** показаны фрагменты схем и фотографии внешнего вида ПР фирмы Arduino. На каждый вопрос викторины следует выбрать ответ 0 или 1 и записать их в ряд слева направо в виде двоичного числа. Если после перевода в десятичный вид получится 3521 или 3537, значит, все ответы правильные.

① Arduino MKR IoT Carrier Rev2



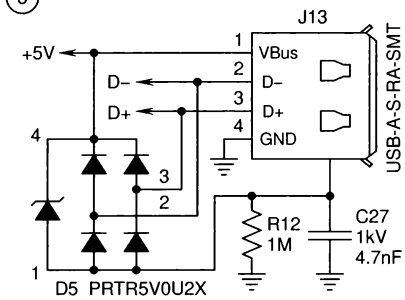
Назначение резисторов R25, R26, R27?
0 - для подбора яркости светодиодов;
1 - для экспериментов пользователя

② Arduino MKR Mem Shield



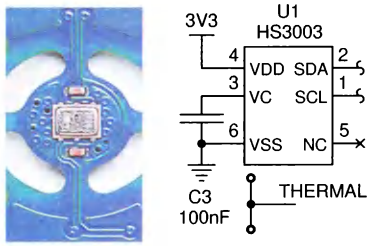
Можно ли на контактах J1:2 (SS) и U1:1 (/CS) одновременно устанавливать сигналы лог. 0?
0 - нет, будет конфликт на шине SPI;
1 - можно, но при определённых условиях

③ Arduino Portenta Mid Carrier



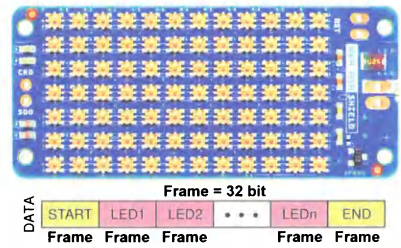
Назначение высокоомного резистора R12?
0 - для разрядки конденсатора C27;
1 - для выравнивания "земляных" потенциалов

④ Arduino Modulino Thermo



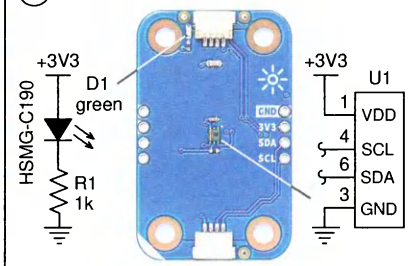
Назначение металлизированных отверстий возле датчика температуры и влажности U1?
0 - воздушная вентиляция корпуса U1;
1 - измерение температуры внешнего объекта

⑤ Arduino MKR RGB Shield



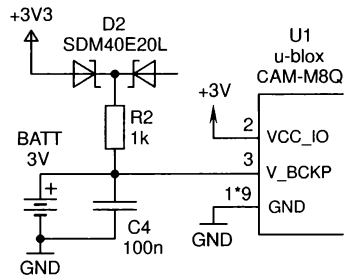
С какой максимальной частотой может обновляться информация на светодиодном табло с RGB-драйверами APA102 при частоте тактовых импульсов для всех индикаторов 1 МГц?
0 - не более 200 Гц;
1 - не менее 300 Гц

⑥ Arduino Modulino Light



Будет ли влиять светодиод D1 зелёного свечения на показания оптического датчика U1, измеряющего освещённость, цвет, ИК-излучение?
0 - нет, т. к. D1 и U1 разнесены в пространстве;
1 - да, при некоторых внешних условиях

⑦ Arduino MKR GPS Shield

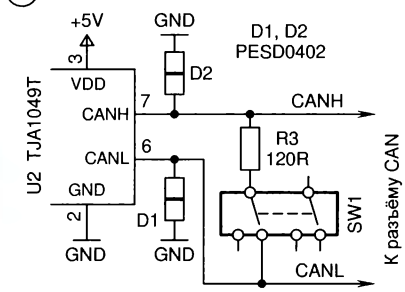


Повысится ли надёжность (теоретически), если запараллелить диоды в сборке D2?
0 - да, повысится;
1 - нет, не повысится

⑧ Arduino MKR M-BUS Master Shield

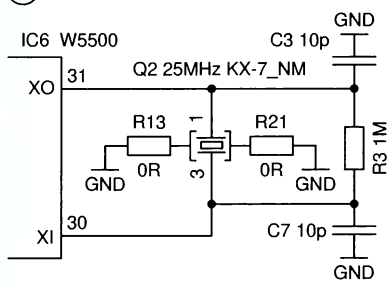
Где находятся элементы дизайна, характерные для продукции фирмы Arduino?
0 - на верхней плате;
1 - на нижней плате

⑨ Arduino MKR CAN Shield



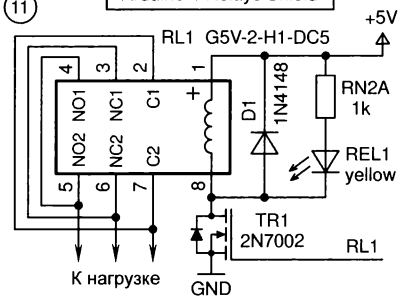
Когда используется переключатель SW1, который отключает резистор R3 от шины CAN?
0 - при работе на тракт с встроенной нагрузкой;
1 - при низкой амплитуде сигналов CANH, CANL

⑩ Arduino Ethernet Shield 2



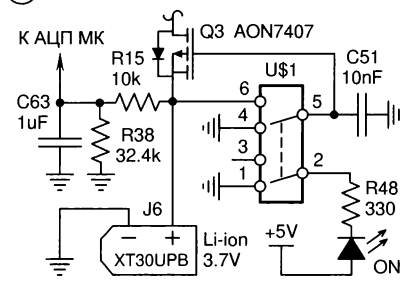
Для чего установлены резисторы R13, R21, хотя их обычно заменяют перемычками?
0 - на всякий "пожарный" случай;
1 - для экспериментов с генератором

⑪ Arduino 4 Relays Shield



В чём заключается идея запараллеливания контактов механического реле RL1?
0 - в снижении тока в расчёте на один контакт;
1 - в повышении допустимого тока через нагрузку

⑫ Arduino Nano Motor Carrier



Надо ли отключать Li-ion аккумулятор ёмкостью 2 А•ч от разъёма J6 при выключенном питании?
0 - да, обязательно;
1 - нет, не обязательно

ЖУРНАЛ

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"
ИНН 7708187140,
р/с 40703810538090108833 в ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225,
БИК 044525225, КПП 770201001

Цена одного номера журнала 2026 г. (с 1-го по 6-й номер) при покупке в редакции — 550 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 4080 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 7200 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 4200 руб.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			в Россию	в остальные страны
2021	11, 12	150 руб.	250 руб.	800 руб.
2022	1—9, 11, 12	200 руб.	300 руб.	800 руб.
2023	4, 7—10	420 руб.	520 руб.	800 руб.
2024	1, 3, 5—12	490 руб.	600 руб.	900 руб.
2025	2—8, 10—12	520 руб.	640 руб.	1000 руб.
2026	1—6	550 руб.	680 руб.	1200 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. Наложенным платежом редакция журналы не высылает!

Подписные индексы журнала по каталогам: Официальный каталог Почты России П4014; КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032

Подписка на ПОЧТЕ РОССИИ

Подписка через КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ

Журнал "Радио" в интернет-магазине OZON

Dr.WEB®
Сделано в России

ЗАЩИТИ СОЗДАННОЕ

Dr.Web Security Space
защитит ваш цифровой МИР

Поддерживаемые ОС

Защита от хищений средств

От банковских троянцев, клавиатурных шпионов, хакерских атак во время сессии онлайн-банкинга

Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО

Защита от уязвимостей программ

От эксплойтов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях

Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения

Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств

Защита детей

Родительский контроль

- ✓ **Dr.Web — в едином реестре отечественного ПО**
- ✓ **Круголосуточная техническая поддержка**
- ✓ **Бонус для покупателей — защита для Android**

Техподдержка компании «Доктор Веб»:
https://support.drweb.ru

Сайты компании «Доктор Веб» в социальных сетях:
https://www.drweb.ru/user/social

Сайты компании «Доктор Веб»:
https://антивирус.рф
https://drweb.ru

© ООО «Доктор Веб», 2021
125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный)
факс: +7 495 789-45-97